

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

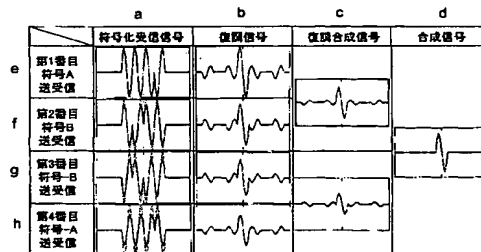
(10) 国際公開番号
WO 2004/060167 A1

- (51) 国際特許分類: A61B 8/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016935 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 浅房 勝徳
(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 26 日 (26.12.2003) (ASAFUSA, Katsunori) [JP/JP]; 〒270-2203 千葉県 松
(25) 国際出願の言語: 日本語 戸市 六高台 5-1 6 5-1 A 1 4 Chiba (JP). 神田 浩
(26) 国際公開の言語: 日本語 (KANDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒359-1111 埼玉県 所沢市
(30) 優先権データ: 特願2003-1336 2003 年 1 月 7 日 (07.01.2003) JP 緑町 4-1 5-4 Saitama (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立メディコ (HITACHI MEDICAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒101-0047 東京都 千代田区 内神田一
(81) 指定国 (国内): CN, US. 丁目 1 番 1 4 号 Tokyo (JP).
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[続葉有]

(54) Title: ULTRASONOGRAPHIC METHOD AND ULTRASONOGRAPHIC DEVICE

(54) 発明の名称: 超音波撮像方法および超音波撮像装置



a... ENCODING RECEPTION SIGNAL
b... DEMODULATION SIGNAL
c... DEMODULATION SYNTHESIS SIGNAL
d... SYNTHESIS SIGNAL
e... FIRST CODE A TRANSMISSION/RECEPTION
f... SECOND CODE B TRANSMISSION/RECEPTION
g... THIRD CODE -B TRANSMISSION/RECEPTION
h... FOURTH CODE -A TRANSMISSION/RECEPTION

(57) Abstract: An ultrasonographic method includes: a first encoding transmission/reception step for transmitting an ultrasonic beam encoded by an encoding set consisting of a plurality of modulation codes in which at least two are in complementary relationship and demodulating reception signals corresponding to the ultrasonic beam; a step for obtaining a first synthesis signal by synthesizing the demodulated signals demodulated by the first encoding transmission/reception step; a second encoding transmission/reception step for transmitting an ultrasonic beam encoded by a reverse encoding set consisting of a plurality of modulation codes in which the arrangement order of modulation codes of the code set is reversed and demodulating the reception signals corresponding to the ultrasonic beam; a step for obtaining a second synthesis signal by synthesizing the demodulated signals demodulated by the second encoding transmission/reception step; a step for obtaining a third synthesis signal by synthesizing the first synthesis signal and the second synthesis signal; and a step for reconstructing the ultrasonograph according to the third synthesis signal.

(57) 要約: 超音波撮像方法において、少なくとも2つが相補の関係にある複数の変調符号を配列してなる符号セットによって符号化された超音波ビームを送波し、その超音波ビームに対応する各受信信号を復調する第1の符号化送受信工程と、第1の符号化送受信工程で復調した各復調信号を合成して第1の合成信号を得る工程と、符号セットの変調符号の配列順を逆にした複数の変調符号からなる逆符号セットによって符号化された超音波ビームを送波し、その超音波ビームに対応する各受信信号を復調する第2の符号化送受信工程と、第2の符号化送受信工程で復調した各復

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

調信号を合成して第2の合成信号を得る工程と、第1の合成信号と前記第2の合成信号を合成して第3の合成信号を得る工程と、第3の合成信号に基づいて超音波像を再構成する。

明 細 書

超音波撮像方法および超音波撮像装置

5

技術分野

本発明は、符号化送受信による超音波撮像方法および超音波撮像装置に関する。

背景技術

- 10 超音波撮像方法および超音波撮像装置では、超音波像の分解能を向上させるために、符号化送受信技術が採用される。この符号化送受信技術として、ゴレイ (Golay) 符号に代表される相補的符号化技術が知られている (Golay, M.J.E. Complementary Series. IRE Trans. Inform. Theory, IT-7, pp. 82-87, Apr. 1961)。その技術によれば、例えば、相補的関係にある2つの変調符号 (例えば、
- 15 A、B) を配列してなる符号セットを有し、符号セットの変調符号 (A、B) により基本波を変調して符号化駆動信号として探触子に出力することによって、探触子から被検体に対し符号化された超音波ビームを送波する。そして、その超音波ビームに対応した2つの受信信号を復調して合成することによって、符号復調処理に起因するタイムサイドローブが低減される。
- 20 また、被検体内の媒質の非線形性に起因したタイムサイドローブが発生することがある。そこで、符号セットの2つの変調符号 (A、B) の極性を反転させた2つ変調符号 (例えば、 $-A$ 、 $-B$) からなる反対極性符号セットを生成し、符号セットの各変調符号 (A、B) と反対極性符号セットの各変調符号 ($-A$ 、 $-B$) に基づいて超音波ビームを送波する。そして、符号セットに対応する受信信号と、反対極性符号セットに対応する受信信号とを合成することによって、被検体内の媒質の非線形性に起因したタイムサイドローブを低減することが行われる (例えば、特開平7-59766)。

しかしながら、タイムサイドローブが発生する要因として、被検体内の媒質の

非線形性のほか、被検体の体動（例えば、位置や形状の時間的変化）があるが、上記の従来技術では、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減することについては配慮されていない。

本発明の目的は、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減すること
5 にある。

発明の開示

本発明の超音波撮像方法は、少なくとも2つが相補的關係にある複数の変調符号を配列してなる符号セットによって、基本波を順次変調して符号化駆動信号として探触子に出力して超音波ビームを送波し、探触子から出力される各受信信号
10 を符号セットの各変調符号に対応する復調符号によって復調する第1の符号化送受信工程と、第1の符号化送受信工程で復調した各復調信号を合成して第1の合成信号を得る工程と、符号セットの変調符号の配列順を逆にした複数の変調符号からなる逆符号セットによって、基本波を順次変調して符号化駆動信号として探
15 触子に出力して超音波ビームを送波し、探触子から出力される各受信信号を逆符号セットの各変調符号に対応する復調符号によって復調する第2の符号化送受信工程と、第2の符号化送受信工程で復調した各復調信号を合成して第2の合成信号を得る工程と、第1の合成信号と第2の合成信号を合成して第3の合成信号を得る工程と、第3の合成信号に基づいて超音波像を再構成する工程とを有すること
20 とを特徴とする。

このようにすれば、被検体が体動（例えば、移動）を伴うとき、第1の合成信号に生じるタイムサイドローブは、被検体が順方向に移動する体動に起因したものになるが、第2の合成信号に生じるタイムサイドローブは、被検体が相対的に逆方向に移動したときの体動に起因したタイムサイドローブと等価なものになる。
25 したがって、第1の合成信号と第2の合成信号を合成して第3の合成信号とすることにより、被検体の移動によって生じたタイムサイドローブが相殺されるから、第3の合成信号は、あたかも被検体がほぼ静止しているときに得られた信号と等価になる。すなわち、第1の合成信号のタイムサイドローブと第2の合成信

号のタイムサイドローブが互いに打ち消し合うことになるから、第3の合成信号は、被検体の体動に起因するタイムサイドローブが低減された信号になる。

この場合において、第1の符号化送受信工程と第2の符号化送受信工程の後に、第1の合成信号を得る工程と第2の合成信号を得る工程を実行することができる。

- 5 また、逆符号セットの複数の変調符号は、符号セットの各変調符号の位相を回転させた関係にすることができる。これにより、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減しつつ、被検体内の媒質の非線形性に起因するタイムサイドローブも低減することができる。例えば、第1の例として、符号セットが、第1の変調符号と第2の変調符号を配列してなるとき、逆符号セットは、第2の変調符号の極性を反転させた第3の変調符号と、第1の変調符号の極性を反転させた第4の変調符号を順に配列したものになる。また、第2の例として、符号セットが、第1ないし第3の変調符号を配列してなるとき、逆符号セットは、第3の変調符号の極性を反転させた第4の変調符号と、第2の変調符号の極性を反転させた第5の変調符号と、第1の変調符号の極性を反転させた第6の変調符号を順に配列したものとなる。さらに、第3の例として、符号セットが、第1ないし第4の変調符号を配列してなるとき、逆符号セットは、第4の変調符号の極性を反転させた第5の変調符号と、第3の変調符号の極性を反転させた第6の変調符号と、第2の変調符号の極性を反転させた第7の変調符号と、第1の変調符号の極性を反転させた第8の変調符号を順に配列したものとなる。第4の例として、符号セットと逆符号セットがそれぞれ N （5以上の自然数）個の変調符号を配列してなるとき、逆符号セットの M （ N 以下の自然数）番目の変調符号は、符号セットの $(N-M+1)$ 番目の変調符号の極性を反転させたものとなる。
- 10
15
20

- また、第1の符号化送受信工程と第2の符号化送受信工程がそれぞれ異なる走査ラインにおいて実行することができる。また、異なる2つの走査ラインにおいて、第1の符号化送受信工程と第2の符号化送受信工程の実行順序を互いに逆にして、走査ライン毎に第3の合成信号を得、これら2つの第3の合成信号を合成して超音波像を再構成することができる。
- 25

さらに、第1の符号化送受信工程は、符号セットの各変調符号に対応する超音

波ビームを複数の第1の走査ラインに配分して送波し、第2の符号化送受信工程は、逆符号セットの各変調符号に対応する超音波ビームを複数の第1の走査ラインと少なくとも一部が異なる複数の第2の走査ラインに配分して送波することができる。

- 5 また、符号セットと逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって探触子から送波される複数の超音波送波ビームを複数の走査ラインに配分して送波するとき、複数の走査ラインに対しスキャン用超音波ビームを配分して送波し、各スキャン用超音波ビームに対応する各受信信号間の相互相関を解析して被検体の空間的相関を求め、その空間的相関に基づき、複数の超音波送波ビームを配分する走査ラインの数を決定することができる。なお、入力手段を介して入力設定された超音波像の空間分解能、感度レベル、フレームレートの少なくとも1つのパラメータに基づいて、複数の超音波送波ビームを配分する走査ラインの数を決定してもよい。
- 10

- さらに、符号セットと逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって探触子から送波される複数の超音波送波ビームを走査ラインに繰り返して送波するとき、走査ラインに対しスキャン用超音波ビームを繰り返して送波し、各スキャン用超音波ビームに対応する各受信信号間の相互相関を解析して被検体の時間的相関を求め、その時間的相関に基づき、走査ラインに送波する超音波送波ビームの送波回数、送波タイミングの少なくとも1つを決定することができる。なお、入力手段を介して入力設定された超音波像の空間分解能、感度レベル、フレームレートの少なくとも1つのパラメータに基づいて、走査ラインに送波する超音波送波ビームの送波回数、送波タイミングの少なくとも一方を決定してもよい。
- 15
- 20

- また、本発明の超音波撮像装置は、超音波を送受する探触子と、探触子の駆動信号を出力する送信手段と、探触子から出力される受信信号を処理する受信手段と、受信手段から出力される合成信号に基づき超音波像を再構成する画像処理手段と、再構成された超音波像を表示する表示手段と、送信手段と受信手段と画像処理手段と表示手段を制御する制御手段を備え、送信手段は、少なくとも2つは相補的な関係にある複数の変調符号を配列してなる符号セットと、符号セットの
- 25

変調符号の配列順を逆にした複数の変調符号からなる逆符号セットを生成する手段と、符号セットと逆符号セットの情報によって基本波を変調して符号化駆動信号を生成する手段を備え、受信手段は、符号セットにより変調された符号化駆動信号に対応する各受信信号を符号セットの各変調符号に対応する各復調符号によって復調する手段と、各復調された信号を合成して第1の合成信号を生成する手段と、逆符号セットにより変調された符号化駆動信号に対応する各受信信号を逆符号セットの各変調符号に対応する各変調符号によって復調する手段と、各復調された信号を合成して第2の合成信号を生成する手段と、第1の合成信号と第2の合成信号とから第3の合成信号を生成する手段とを備えた構成とする。

10

図面の簡単な説明

図1は、本発明を適用した超音波撮像装置の第1の実施形態の構成を示すブロック図である。

図2は、図1の超音波撮像装置の送信手段の詳細な構成を示すブロック図である。

15

図3は、図1の超音波撮像装置の受信手段の詳細な構成を示すブロック図である。

図4は、図1の超音波撮像装置における超音波ビームの送信方法を示す図である。

20

図5は、図1の超音波撮像装置における符号復調手段の動作を示す図である。

図6は、図5の符号復調手段の動作を示すタイムチャートである。

図7は、図1の超音波撮像装置における符号変調受信信号およびその復調信号等の波形の一実施例を示す図である。

図8は、図1の超音波撮像装置における符号変調受信信号およびその復調信号等の波形の他の実施例を示す図である。

25

図9は、従来技術に係る符号変調受信信号およびその復調信号等の波形の比較例を示す図である。

図10は、従来技術に係る符号変調受信信号およびその復調信号等の波形の比

較例を示す図である。

図 1 1 は、従来技術に係る符号変調受信信号およびその復調信号等の波形の比較例を示す図である。

5 図 1 2 は、本発明を適用した超音波撮像装置の第 2 の実施形態における符号復調手段の構成および動作を示す図である。

図 1 3 は、図 1 2 の符号復調手段の動作を示すタイムチャートである。

図 1 4 は、本発明を適用した超音波撮像装置の第 3 の実施形態における符号復調手段の構成および動作を示す図である。

図 1 5 は、図 1 4 の符号復調手段の動作を示すタイムチャートである。

10 図 1 6 は、本発明を適用した超音波撮像装置の第 4 の実施形態における相関判定手段の構成を示す図である。

図 1 7 は、本発明を適用した超音波撮像装置の第 4 の実施形態に係るプレスキャンを行なって複数の走査ラインにまたがって合成する走査ライン数を判定する相関判定手段の動作を示す図である。

15 図 1 8 は、本発明を適用した超音波撮像装置の第 5 の実施形態に係るプレスキャンを行なって同一ラインに対する符号化送受信回数を判定する相関判定手段の動作を示す図である。

図 1 9 は、本発明を適用してなる超音波撮像装置の第 6 の実施形態の構成を示すブロック図である。

20 図 2 0 は、図 1 9 の超音波撮像装置の送信手段の詳細な構成を示すブロック図である。

図 2 1 は、図 1 9 の超音波撮像装置の受信手段の詳細な構成を示すブロック図である。

25 発明を実施するための最良の形態

(第 1 の実施形態)

本発明を適用した超音波撮像装置の第 1 の実施形態について説明する。図 1 は、本実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。超音波撮像装置は、

超音波を送受する探触子 1 と、探触子 1 の駆動信号を出力する送信手段 3 と、探触子 1 から出力される反射エコー信号（以下、受信信号）の受信手段 5 を有している。そして、送信手段 3 から出力された駆動信号を探触子 1 に送ると共に、探触子 1 から出力された受信信号を受信手段 5 に送る送受分離手段 7 が設けられて

5 いる。

また、探触子 1 と送受分離手段 7 との間に、探触子 1 の複数の振動子から探触子 1 の口径を形成する振動子を選択する走査口径切替手段 9 が設けられている。また、受信手段 5 から出力される受信信号に対し検波処理などを行う信号処理手段 13 と、信号処理手段 13 により処理された信号に基づき超音波像を再構成する画像処理手段 15 と、画像処理手段 15 により再構成された超音波像を表示する表示手段 17 が設けられている。なお、各部に指令を出力する制御手段 37 が設けられている。

10

送信手段 3 は、変調波形選択手段 19 と、送信パルス発生手段 21 と、パワーアンプ手段 23 を有する。変調波形選択手段 19 は、予め記憶された変調符号係数群から所望の変調符号係数を選択し出力する。なお、変調符号係数は、変調符号を構成し、複数の符号要素を配列して形成されたものである。送信パルス発生手段 21 は、変調波形選択手段 19 から出力される変調符号係数に基づき送信超音波信号パルス（以下、基本波）を変調し、変調した基本波を符号化駆動信号として出力する。パワーアンプ手段 23 は、送信パルス発生手段 21 から出力される符号化駆動信号を増幅して送受分離手段 7 に出力する。なお、変調波形選択手段 19、送信パルス発生手段 21、パワーアンプ手段 23 に指令を出力する送信制御手段 25 が設けられている。送信制御手段 25 は、バス制御手段、レジスタ、セレクト、メモリ、バッファなどから構成することができる。

15

20

受信手段 5 は、増幅手段 4 と、符号復調手段 11 を有する。増幅手段 4 は、制御手段 37 から出力された指令に基づき、送受分離手段 7 から入力される受信信号を増幅する。符号復調手段 11 は、復調係数選択手段 27 と、復調フィルタ 29 と、ラインメモリ 31 と、合成手段 33 を有する。復調係数選択手段 27 は、予め記憶された復調符号係数群から所望の復調符号係数を選択し出力する。なお、

25

復調符号係数は、復調符号を構成し、変調符号の変調符号係数に対応した複数の符号要素を配列して形成されている。復調フィルタ 29 は、復調係数選択手段 27 から出力される復調係数に基づき、増幅手段 4 から出力される受信信号を復調する。ラインメモリ 31 は、復調フィルタ 29 から出力される受信信号を一時的に保持する。合成手段 33 は、復調フィルタ 29 から出力される受信信号とラインメモリ 31 から読み出される受信信号とを合成する。なお、復調係数選択手段 27 とラインメモリ 31 に指令を出力する符号復調制御手段 35 が設けられている。

図 2 は、送信手段 3 の詳細な構成を示すブロック図である。変調波形選択手段 19 は、符号選択手段 39 と、波形選択手段 41 から構成されている。符号選択手段 39 は、符号種類選択手段 43 と、符号長選択手段 45 と、符号間隔選択手段 47 と、変調符号用係数メモリ 49 を有している。変調符号用係数メモリ 49 は、予め演算により求めた変調用符号係数群を保持している。そして、符号種類選択手段 43 は、送信制御手段 25 から出力される指令に応じ、変調符号の種類（例えば、グレイ符号）を選択する。符号長選択手段 45 は、送信制御手段 25 から出力される指令に応じ、変調符号の符号長を選択する。符号長とは、変調符号を構成する符号要素の数である。符号間隔選択手段 47 は、変調符号の間隔を選択する。なお、選択された種類、符号長、間隔の各情報（パラメータ）により、変調符号が構成することになる。変調符号用係数メモリ 49 は、符号種類選択手段 43 により選択された符号種類と、符号長選択手段 45 により選択された符号長と、符号間隔選択手段 47 により選択された符号間隔に基づき、変調用符号係数群から適当な変調符号係数を読み出して送信パルス発生手段 21 に出力する。

なお、符号種類選択手段 43、符号長選択手段 45 および符号間隔選択手段 47 は、レジスタ、セレクトなどから構成することができる。変調符号用係数メモリ 49 は、SRAM または DRAM の記憶素子などから構成することができる。

また、波形選択手段 41 は、包絡線選択手段 51 と、波数選択手段 53 と、送信波形選択メモリ 55 から構成されている。送信波形選択メモリ 55 は、予め演算によって求められた波形群に係るデータを保持している。包絡線選択手段 51

は、送信制御手段 2 5 から出力される指令に応じ、包絡線形状を選択する。波数
選択手段 5 3 は、送信制御手段 2 5 から出力される指令に応じ、波数を選択する。
送信波形選択メモリ 5 5 は、包絡線選択手段 5 1 により選択された包絡線形状と、
波数選択手段 5 3 により選択された波数に基づき、波形群に係るデータのうち適
5 当なデータを読み出して基本波として送信パルス発生手段 2 1 に出力する。なお、
包絡線選択手段 5 1、波数選択手段 5 3 は、レジスタ、セクタなどから構成す
ることができる。送信波形選択メモリ 5 5 は、SRAMやDRAMなどの記憶素
子などから構成することができる。

送信パルス発生手段 2 1 は、送信フォーカス選択手段 5 7 と、送信フォーカス
10 遅延生成手段 5 9 と、送信パルス波形記憶メモリ 6 1 と、送信パルス発生器 6 2
などから構成されている。送信フォーカス選択手段 5 7 は、送信制御手段 2 5 か
ら出力される指令に応じ、送信フォーカス深度を設定する。送信フォーカス深度
とは、超音波送波ビームが被検体内で収束する深さである。送信フォーカス遅延
生成手段 5 9 は、送信フォーカス選択手段 5 7 により設定された送信フォーカス
15 深度に基づき、送信タイミングパルスを送信パルス波形記憶メモリ 6 1 に出力す
る。送信タイミングパルスは、探触子 1 の口径を形成する各振動子（チャネル）
に設定される遅延時間だけ送信タイミングを遅らせる信号である。送信波形記憶
メモリ 6 1 は、変調符号用係数メモリ 4 9 から出力される変調符号係数と、送信
波形選択メモリ 5 5 から出力される基本波に基づき、予め演算により求めていた
20 送信パルス波形群から適当な送信パルス波形を選択する。

なお、送信フォーカス選択手段 5 7 は、レジスタ、セクタなどから構成する
ことができる。また、送信フォーカス遅延生成手段 5 9 は、シフトレジスタ、セ
レクタ、カウンタおよび分周器などから構成することができる。送信パルス波形
記憶メモリ 6 1 は、SRAMやDRAMの記憶素子などから構成することができ
25 る。送信パルス発生器 6 2 は、デジタルアナログ（D/A）変換器、バッファ
アンプなどから構成することができる。

さらに、送信波形記憶メモリ 6 1 は、送信フォーカス遅延生成手段 5 9 から出
力される送信タイミングパルスがイネーブルのとき、選択した送信パルス波形を

サンプリングクロックに同期させて送信パルス発生器 6 2 に出力する。送信パルス発生器 6 2 は、送信パルス波形記憶メモリ 6 1 から出力されたデジタル信号の送信パルス波形をデジタルアナログ変換器によりアナログの電圧値または電流値に変換し、変換した送信パルス波形を符号化駆動信号としてパワーアンプ手段 2 3 に出力する。

パワーアンプ手段 2 3 は、利得制御手段 6 3 と、パワーアンプ 6 5 から構成されている。利得制御手段 6 3 は、送信制御手段 2 5 から出力された指令に応じて、適当な利得値をパワーアンプ 6 5 に出力する。パワーアンプ 6 5 は、利得制御手段 6 3 から出力された利得値に応じ、送信パルス発生器 6 2 から出力された符号化駆動信号の利得を増幅して送受分離手段 7 に出力する。なお、利得制御手段 6 3 は、レジスタ、セレクトなどから構成することができる。パワーアンプ 6 5 は、増幅用 F E T、可変ゲインアンプなどから構成することができる。

図 3 は、符号復調手段 1 1 の詳細な構成を示すブロック図である。図 3 に示すように、符号復調手段 1 1 の復調係数選択手段 2 7 は、復調符号種類選択手段 6 7 と、復調符号長選択手段 6 9 と、復調符号間隔選択手段 7 1 と、復調符号用係数メモリ 7 3 を有する。また、復調符号種類選択手段 6 7、復調符号長選択手段 6 9、復調符号間隔選択手段 7 1 に指令を出力する符号復調制御手段 3 5 が設けられている。復調符号種類選択手段 6 7 は、符号復調制御手段 3 5 から出力された指令に応じ、復調符号の種類を選択する。復調符号長選択手段 6 9 は、復調符号復調制御手段 3 5 から出力された指令に応じ、復調符号の符号長を選択する。復調符号間隔選択手段 7 1 は、符号復調制御手段 3 5 から出力された制御指令に応じ、復調符号の符号間隔を選択する。復調符号用係数メモリ 7 3 は、予め演算により求めた復調符号係数群を保持している。そして、復調符号用係数メモリ 7 3 は、復調符号種類選択手段 6 7 により選択された復調符号の種類と、符号長選択手段 6 9 により選択された符号長と、復調符号間隔選択手段 7 1 により選択された符号間隔に応じ、復調符号係数群から適当な復調符号係数を読み出して復調フィルタ 2 9 に出力する。ここで、符号種類選択手段 4 3 により選択される符号種類と、符号長選択手段 4 5 により選択される符号長と、符号間隔選択手段 4 7

により選択される符号間隔の各パラメータは、変調波形選択手段 19 の符号選択手段 39 により選択された変調符号の各パラメータに対応している。

なお、復調符号種類選択手段 67、復調符号長選択手段 69、復調符号間隔選択手段 71 は、それぞれレジスタおよびセクタなどから構成することができる。

- 5 復調符号用係数メモリ 73 は、SRAM、DRAM の記憶素子を有して構成されている。

- 復調フィルタ 29 は、受信信号遅延手段 75 と、積和演算手段 77 とを有している。受信信号遅延手段 75 は、増幅手段 4 から出力される各受信信号に対し、いわゆる受信フォーカスのための整相処理を行う。ここで、整相される各受信信号は、探触子 1 の口径を形成する各振動子により受波された信号に対応している。
- 10 積和演算手段 77 は、受信信号遅延手段 75 により整相された受信信号を加算する。さらに、積和演算手段 77 は、復調符号用係数メモリ 73 から出力された復調符号係数に基づき、加算された受信信号を符号復調してラインメモリ 31 に出力する。受信信号遅延手段 75 は、シフトレジスタ、セクタ、カウンタおよび
- 15 分周器などから構成することができる。積和演算手段 77 は、乗算演算手段、加算演算手段およびセクタ、FIR フィルタなどから構成することができる。

- ラインメモリ 31 は、ラインメモリ制御手段 79 と、メモリ 81 を有している。ラインメモリ制御手段 79 は、符号復調制御手段 35 から出力される指令に基づき、メモリ 81 に指令を出力する。メモリ 81 は、積和演算手段 77 により復調
- 20 された受信信号を一時的に保持する。さらに、メモリ 81 は、ラインメモリ制御手段 79 から出力される指令に応じ、保持した受信信号を合成手段 33 に出力する。なお、ラインメモリ制御手段 79 は、レジスタ、分周器、比較器、カウンタおよびセクタなどから構成することができる。メモリ 81 は、SRAM または DRAM の記憶素子などから構成することができる。

- 25 合成手段 33 は、合成係数選択手段 83 と、信号合成手段 85 とを有している。合成係数選択手段 83 は、符号復調制御手段 35 から出力される指令に応じ、合成係数を選択する。信号合成手段 85 は、合成係数選択手段 83 により選択された合成係数に基づき、メモリ 81 から時間的にずれて出力される所定数の受信信

号を合成し、合成した受信信号を信号処理手段 13 に出力する。なお、合成係数選択手段 83 は、レジスタ、セレクタなどから構成することができる。信号合成手段 85 は、乗算演算手段、加算手段および正負反転演算手段などから構成されている。

5 以下、上述した超音波撮像装置により超音波像が撮像される基本動作について説明する。まず、探触子 1 の符号化駆動信号は、送信手段 3 により生成される。生成された符号化駆動信号は、送受分離手段 7 と走査口径切替手段 9 を介し、探触子 1 に入力される。これによって、符号化された超音波送波ビームが、探触子 1 から被検体に射出される。被検体により反射された超音波は、探触子 1 により
10 受波される。受波された超音波は、受信信号として受信手段 5 により増幅処理などが施された後、符号復調される。復調された受信信号は、信号処理手段 13 により検波などが施された後、画像処理手段 15 により超音波像（例えば、Bモード像、Mモード像）として再構成される。再構成された超音波像は、表示手段 17 の表示画面に表示される。

15 次に、送信手段 3 における符号化駆動信号の生成処理について詳細に説明する。例えば、まず、送信制御手段 25 から出力される指令に応じ、符号種類（例えば、グレイ符号）が、符号種類選択手段 43 により選択される。また、符号長（例えば、4 符号長）が、符号長選択手段 45 により選択される。さらに、符号間隔（例えば、波長 λ ）が、符号間隔選択手段 47 により選択される。ここで、波長 λ は、
20 超音波送信信号の中心周波数に対応する波長である。そして、符号種類選択手段 43 により選択された符号種類と、符号長選択手段 45 により選択された符号長と、符号間隔選択手段 47 により選択された符号間隔に基づき、適当な変調符号係数が、符号用係数メモリ 49 により読み出される。このような処理が、送信制御手段 25 からの指令に応じて設定時間間隔で繰り返して実行される。

25 一方、駆動信号の基本波は、波形選択手段 41 により生成される。例えば、まず、送信波形の包絡線が、包絡線選択手段 51 により選択される。また、送信波形の波数が、波数選択手段 53 により選択される。選択された包絡線と波数とに基づき、所望の送信波形データが、送信波形選択メモリ 55 により選択される。

選択された送信波形データは、駆動信号の基本波として送信パルス波形記憶メモリ 61 に出力される。

また、送信フォーカス深度が、送信フォーカス選択手段 57 により設定される。設定された送信フォーカス深度に基づき、遅延時間が、送信フォーカス遅延生成手段 59 により設定される。設定された遅延時間に基づいた送信タイミングパルスが、送信フォーカス遅延生成手段 59 により送信パルス波形記憶メモリ 61 に出力される。

変調符号用係数メモリ 49 から出力された変調符号係数と、送信波形選択メモリ 55 から出力された基本波に基づき、送信パルス波形が、送信パルス波形記憶メモリ 61 により符号化駆動信号として選択される。選択された符号化駆動信号は、変調符号係数により基本波を符号変調した波形である。符号化駆動信号は、送信フォーカス遅延生成手段 59 から出力される送信タイミングパルスがインエーブル (ON) のとき、送信パルス波形記憶メモリ 61 から読み出される。読み出された符号化駆動信号は、送信パルス発生器 62 に出力される。出力された符号化駆動信号は、送信パルス発生器 62 によりデジタル信号からアナログ信号に変換される。変換された符号化駆動信号は、パワーアンプ手段 23 に出力される。

また、送信制御手段 25 から出力された指令に応じ、所望の利得値が、利得制御手段 63 により設定される。設定された利得値に基づき、送信パルス発生器 62 から出力された符号化駆動信号は、パワーアンプ 65 により利得が増幅される。増幅された符号化駆動信号は、送受分離手段 7 を介して走査口径切替手段 9 に入力される。入力された符号化駆動信号は、走査口径切替手段 9 により探触子 1 の口径を形成する各振動子に割り当てられる。割り当てられた符号化駆動信号は、探触子 1 の口径を形成する各振動子に入力される。入力された符号化駆動信号が各振動子により機械信号の超音波に変換される。変換された超音波は、被検体に対し超音波送波ビームとして探触子 1 から送波される。超音波送波ビームは、送波された各超音波の波面が一致する方向、つまり被検体の深度方向に進行して形成される。

ここで、本発明の特徴である変調符号の組み合わせについて説明する。本実施

- 形態では、符号化駆動信号の生成処理において、4つの変調符号A、B、 $-B$ 、 $-A$ が、1組として選択される。符号化駆動信号は、選択された各変調符号によりそれぞれ生成される。そして、符号化送信が、生成された4つの符号化駆動信号により設定時間間隔で4回繰り返される。具体的には、まず、第1番目の変調符号Aと、第2番目の変調符号Bが、一对のゴレイ符号として、符号選択手段39により設定時間間隔で選択される。選択された各変調符号A、Bは、それぞれ4つの符号要素から形成された変調符号係数である。例えば、変調符号Aの変調符号係数は、(1、1、1、 -1)である。また、変調符号Bの変調符号係数は、(-1 、1、 -1 、 -1)である。ここで、変調符号Aの変調符号係数と変調符号Bの変調符号係数は、互いに直交性を有するように設定されている。つまり、変調符号Aと変調符号Bは、相補的關係にある。この変調符号A、Bを順番に配列した組を符号セットと称する。なお、各変調符号A、Bの複数の符号要素は、基本波のエネルギーを時間軸方向に拡散させて符号化駆動信号を生成するように組み合わせられている。
- 次に、第3番目の変調符号 $-B$ と、第4番目の変調符号 $-A$ が、符号種類選択手段43、符号長選択手段45、符号間隔選択手段47により設定時間間隔で選択される。ここで、第3番目の変調符号 $-B$ は、第2番目の変調符号Bの極性が反転した符号である。また、第4番目の変調符号 $-A$ は、第4番目の変調符号Aの極性が反転した符号である。なお、極性の反転とは、位相が180度回転されることである。したがって、変調符号 $-B$ の変調符号係数は、(1、 -1 、1、1)となる。また、変調符号 $-A$ の変調符号係数は、(-1 、 -1 、 -1 、1)となる。このような変調符号 $-B$ 、 $-A$ が順番に配列したものを逆符号セットと称する。また、第1ないし第4の変調符号をまとめて1つの符号パケットと称する。そして、1つの符号パケットを構成する第1ないし第4の変調符号A、B、 $-B$ 、 $-A$ に基づき、符号化送受信が、設定時間間隔で同一走査ラインに対し4回繰り返される。

図4は、同一走査ラインに対し4回繰り返される符号化送受信の方法を示す。図4に示すように、超音波送波ビームは、送信される方向(走査ライン)が口径

方向にずらされながら被検体内を走査（スキャン）して繰り返し送信される。そして、本実施形態においては、4回の符号化送受信が、各走査ラインに対し行われる。例えば、第1番目の走査ラインに対し、変調符号Aに基づく第1番目の超音波送波ビームを送波し、その超音波送波ビームに対応する受信信号が受信される。次いで、変調符号Bに基づく第2番目の超音波送波ビームを送波し、その超音波送波ビームに対応する受信信号が受信される。次に、変調符号-Bに基づく第3番目の超音波送波ビームを送波し、その超音波送波ビームに対応する受信信号が受信される。最後に、変調符号-Aに基づく第4番目の超音波送波ビームを送波し、その超音波送波ビームに対応する受信信号が受信される。このような4回の符号化送受信が、各走査ライン（1、2、…、N-2、N-1、N、N+1、N+2、…）に対し行われる。

次に、受信手段5における受信信号の処理について説明する。上述のように超音波送波ビームは、符号化駆動信号により探触子1から射出され、射出された超音波送波ビームは、被検体内を伝播する。そして、超音波送波ビームは、例えば臓器の表面等の音響インピーダンスが変化する部位によって、反射エコー信号として反射される。反射エコー信号の一部は、探触子1の口径を形成する複数の振動子により受波される。受波された反射エコー信号は、電気信号に変換され、変換された電気信号は、受信信号として探触子1から出力される。

探触子1から出力された受信信号は、走査口径切替手段9に出力される。出力された受信信号は、送受分離手段7を介して受信手段5に出力される。そして、受信手段5に入力した各受信信号は、増幅手段4により増幅などの処理が施される。増幅などが施された各受信信号は、受信信号遅延手段75の受信フォーカス処理により整相される。受信フォーカス処理とは、受信信号の反射源から各振動子までの受信信号の伝播時間の違いを考慮し、各チャネルの受信信号を相互に異なった遅延量で遅延することにより、チャネル間の受信信号の位相を整える処理である。

一方、符号復調制御手段35からの指令に応じ、復調符号の種類が、復調符号種類選択手段67により選択される。また、復調符号の符号長が、復調符号長選

- 択手段 6 9 により選択される。さらに、復調符号の符号間隔が、復調符号間隔選択手段 7 1 により選択される。次いで、復調符号種類選択手段 6 7 により選択された符号種類と、復調符号長選択手段 6 9 により選択された符号長と、復調符号間隔選択手段 7 1 により選択された符号間隔とに基づき、適当な復調符号係数が、
- 5 復調符号用係数メモリ 7 3 により読み出される。読み出された復調符号係数は、積和演算手段 7 7 に出力される。なお、出力される復調符号係数は、変調波形選択手段 1 9 により選択された変調符号係数（例えば、変調符号 A の変調符号係数（1、1、1、-1））に対応した係数（例えば、（-1、1、1、1））である。復調符号係数は、復調符号であり、複数の符号要素を配列して形成されている。
- 10 また、復調符号係数の複数の符号要素は、受信信号のエネルギーが時間軸方向に収束させて受信信号を復調するように組み合わせられている。

- そして、受信信号遅延手段 7 5 により整相された各受信信号は、積和演算手段 7 7 により加算される。これによって、受信信号は、超音波受信ビームとして形成される。さらに、受信信号は、積和演算手段 7 7 により、復調符号用係数メモリ 7 3 から出力される復調符号係数と乗算される。これによって、受信信号は、
- 15 符号復調される。復調された受信信号は、メモリ 8 1 により保持される。

- 本実施形態では、4 回の符号化送受信が、1 組の符号パケットによって同一走査ラインに対し繰り返される。したがって、受信信号は、各符号化送受信により 4 つ取得される。4 つの受信信号は、メモリ 8 1 に順次保持される。保持された
- 20 第 1 番目ないし第 4 番目の受信信号は、図 5 に示すように、符号パケットを 1 つの単位として走査ラインごとに合成手段 3 3 により合成される。つまり、第 1 ないし第 4 の受信信号は、1 つの符号パケット間で合成される。

- 受信信号が合成される動作を図 5 及び図 6 に示す。図 5 は、ブロック図を用いて説明する図である。図 6 は、タイムチャートを用いて説明する図である。図 5
- 25 (i) ないし (iv)、図 6 (i) ないし (iv) は、それぞれ第 N 番目の走査ラインに対する第 1 番目ないし第 4 番目の超音波送波ビームに対応する受信信号を復調して合成する動作を示している。

図 5 (i) および図 6 (i) に示すように、第 1 番目の変調符号 A に対応する

受信信号が、復調フィルタ 29 により符号復調される。復調された受信信号は、ラインメモリ 31 に保持される。次に、図 5 (i i) および図 6 (i i) に示すように、第 2 番目の変調符号 B に対応する受信信号が、復調フィルタ 29 を介してラインメモリ 31 に保持される。同様に、図 5 (i i i) および図 6 (i i i) に示すように、第 3 番目の変調符号 -B に対応する受信信号と、第 4 番目の変調符号 -A に対応する受信信号もラインメモリ 31 に順番に保持される。そして、図 5 (i v) および図 6 (i v) に示すように、1 組の符号パケットによる符号化送受信が行われた後、第 1 番目と第 4 番目の受信信号がラインメモリ 31 から読み出される。読み出された各受信信号は、信号合成手段 85 により時間軸が合わせられる。つまり、各受信信号は、被検体内の深さ方向に対応するサンプリング点に合わせられる。時間軸が合わせられた各受信信号は、合成係数選択手段 83 から出力された合成係数に基づき、信号合成手段 85 により合成される。合成された受信信号は、後段の信号処理手段 13 に出力される。

以下、本実施形態の超音波撮像装置における符号化された受信信号（符号化受信信号）と、符号復調された受信信号（復調信号）と、復調信号を合成した受信信号（復調合成信号）と、復調合成信号をさらに合成した最終的な合成信号（合成信号）について、シミュレーション結果（実施例）を用いて、既存の符号化送受信技術と比較しながら説明する。

（実施例 1 - 1）

図 7 は、シミュレーション結果であり、被検体の体動等に起因して受信信号に振幅歪みが生じたときでも、タイムサイドローブが低減されることを示している。図 7 の左段から順に、符号化受信信号、復調信号、第 1 ないし第 2 の合成信号、第 3 の合成信号の波形を示すグラフである。なお、第 1 ないし第 2 の合成信号を第 1 ないし第 2 の復調合成信号と称し、第 3 の合成信号を合成信号と称する。また、各グラフの縦軸は、信号強度を示している。グラフの横軸は、時間を示している。また、図 7 の上段から順に、変調符号 A に基づく第 1 番目の符号化送受信の場合、変調符号 B に基づく第 2 番目の符号化送受信の場合、変調符号 -B に基づく第 3 番目の符号化送受信の場合、変調符号 -A に基づく第 4 番目の符号化送

受信の場合を示している。

第1番目ないし第4番目の符号化受信信号は、変調符号A、B、 $-B$ 、 $-A$ に基づく超音波送波ビームが反射された信号である。図7によれば、符号化受信信号は、体動等に起因して発生した振幅歪みによって、第3番目と第4番目の振幅が小さくなっている。このため、復調信号も同様に振幅が小さくなっている。

ここで、仮に振幅歪みがなかったとすれば、第1番目および第2番目の復調信号を合成して第1の復調合成信号P1とし、第3番目および第4番目の復調信号を合成した第2の復調合成信号P2とすると、第1の復調合成信号P1と第2の復調合成信号P2とは、いずれも同じ波形になるはずである。つまり、いずれの復調合成信号も、波長 λ のパルス波1周期により再現されるはずである。しかし、図7に示すように、各復調合成信号P1、P2には、メインローブを基準としたとき時間方向の前後にタイムサイドローブが発生している。各復調合成信号P1、P2に発生した各タイムサイドローブは、振幅が等しく、かつ極性が反転した関係にある。

そこで、本実施例では、第1の復調合成信号P1と第2の復調合成信号P2をさらに合成することによって、その合成信号は、復調合成信号P1のタイムサイドローブと復調合成信号P2のタイムサイドローブが相殺して打ち消しあった信号になる。したがって、図7の最右段に示すように、合成信号のタイムサイドローブが、表示の上で無視できる程度にまで低減される。

20 (実施例1-2)

図8は、図7と同様なグラフであるが、振幅歪みに代えて、体動等に起因する位相歪みが符号化受信信号に発生した場合を示している。図8に示すように、体動に起因したタイムサイドローブは、各復調合成信号P1、P2に発生する。そこで、本実施例では、図8の最右段に示すように、復調合成信号P1と復調合成信号P2をさらに合成することによって、その合成信号のタイムサイドローブが低減されている。

また、符号化受信信号に周波数歪みが発生したときでも、符号化受信信号に振幅歪みが発生した場合(図8)と同様である。

(比較例 1)

図 9 は、従来技術に係る 1 対のグレイ符号を用いた場合の符号化送受信を説明するグラフである。本比較例の場合、符号化駆動信号は、グレイ符号として選択された変調符号 A (1、1、1、-1)、変調符号 B (-1、1、-1、-1) により駆動信号 (基本波) が変調されることによって生成される。各変調符号 A、B は、4 つの符号要素からなる符号長 4 の符号である。また、変調符号 A と変調符号 B は、相補的な関係にある。変調符号 A、B の符号間隔は、 1λ である。そして、変調符号 A、B は、直交性を有し、符号復調に起因したタイムサイドローブを互いに打ち消す関係にある。

- 10 図 9 の左段に示すように、第 1 番目の符号化受信信号は、変調符号 A に基づく超音波送波ビームが反射された信号である。第 2 番目の符号化受信信号は、変調符号 B に基づく超音波送波ビームが反射された信号である。また、図 9 の中段に示すように、符号復調に起因したタイムサイドローブが、第 1 番目の符号化受信信号を復調した復調信号に発生している。第 2 番目の復調信号も同様である。
- 15 1 番目および第 2 番目の復調信号に発生した各タイムサイドローブは、振幅が等しく、極性が互いに反転した関係になっている。そして、図 9 の右段に示すように、第 1 番目の復調信号と第 2 番目の復調信号が合成されることによって、その復調合成信号は、符号復調に起因したタイムサイドローブが相殺された信号になる。図 9 に示すように、従来技術のグレイ符号を用いて符号化送受信を行えば、
- 20 符号復調に起因するタイムサイドローブは低減される。

- しかし、従来技術のグレイ符号だけを用いた符号化送受信では、第 1 番目の超音波送波ビームと第 2 番目の超音波ビームとの時間間隔の間に、被検体が移動したり、被検体の形状が変化したりする。したがって、生体組織の体動 (例えば、移動) に起因するタイムサイドローブが発生する。つまり、グレイ符号に代表される相補的符号では、体動に起因するタイムサイドローブが発生する。
- 25

なお、図 9 の中段に示すように、第 1 の復調信号のタイムメインローブは、第 2 の復調信号のタイムメインローブと振幅と極性が同じである。したがって、図 9 の右段に示すように、復調合成信号のタイムメインローブの信号強度は、符号

化送受信を行わない場合の受信信号の信号強度に、符号長および符号化送受信回数を乗じた強度になる。例えば、本比較例の場合、符号長が「4」、符号化送受信回数が「2」である。したがって、復調合成信号のタイムメインロープの信号強度は、符号化を行わないときの8倍（ $= 4 \times 2$ ）になる。

5 (比較例2)

図10は、図9と同様なグラフであるが、第1番目の超音波送波ビームと第2番目の超音波ビームとの時間間隔の間に、被検体が移動することによって、生体組織の体動に起因するタイムサイドロープが、復調合成信号に発生した例を示す。図10の中段に示すように、第1番目および第2番目の復調信号のタイムメインロープは、信号強度は異なるが、極性は同じである。したがって、図10に右段に示すように、復調合成信号のタイムメインロープは、信号強度が強調される。しかし、図10の中段に示すように、第1番目および第2番目の復調信号のタイムサイドロープは、極性は互いに反転した関係になっているが、振幅が互いにずれている。したがって、図10の右段に示すように、第1番目および第2番目の復調信号が合成されたとき、その復調合成信号のタイムサイドロープが相殺されず、タイムサイドロープが残存する。

15 (比較例3)

図11は、図10と同様のグラフであるが、被検体の体動に起因して符号化受信信号に位相歪みが生じた状態を示すものである。図10の場合と同様に、復調合成信号のタイムサイドロープは、相殺されずに残存している。

以上、実施例1、2および比較例1ないし3から分かるように、本実施形態によれば、被検体の媒質の非線形性に起因するタイムサイドロープが低減されるほか、被検体の体動に起因するタイムサイドロープも低減される。したがって、超音波像の分解能が一層向上する。

25 本実施形態の効果が得られる原理について、再び図8を参照して説明する。被検体が体動（例えば、移動）を伴うとき、まず、符号セットの2つの変調符号A、Bに対応する各符号化受信信号が、復調されて復調信号として取得される。取得された各復調信号が合成されて復調合成信号P1（第1の合成信号）とされる。

復調合成信号 P 1 に生じたタイムサイドローブは、被検体が順方向に移動する体動に起因したものになる。次いで、逆符号セットの 2 つの変調符号 -B、-A に対応する各符号化受信信号が、復調されて復調信号として取得される。取得された各復調信号が、合成されて復調合成信号 P 2 (第 2 の合成信号) とされる。復調合成信号 P 2 に生じたタイムサイドローブは、復調合成信号 P 1 のタイムサイドローブに対して被検体が相対的に逆方向に移動したときの体動に起因したものと等価な信号になる。

したがって、復調合成信号 P 1 と復調合成信号 P 2 を合成して合成信号 (第 3 の合成信号) とすれば、その合成信号は、被検体の移動量によって復調合成信号 P 1 と復調合成信号 P 2 に生じたタイムサイドローブが互いに相殺された信号になる。その結果、合成信号は、あたかも被検体がほぼ静止しているときに得られた信号になる。すなわち、復調合成信号 P 1 と復調合成信号 P 2 を合成したとき、復調合成信号 P 1 のタイムサイドローブと復調合成信号 P 2 のタイムサイドローブは、互いに打ち消し合うことになるから、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減することができる。なお、復調合成信号 P 1 を順方向受信信号と称し、復調合成信号 P 2 を逆方向受信信号と称してもよい。

また、本実施形態によれば、被検体が理想的な等速度運動をするとき、各復調合成信号に発生したタイムサイドローブは互いに相殺することができるが、被検体が複雑な運動を行うときでも、その運動は比較的短時間内ではほぼ等速度運動とみなすことができるので、体動に起因するタイムサイドローブを低減することができる。

以上、第 1 の実施形態に基づいて本発明を説明したが、これに限られるものではない。例えば、2 つの変調符号が配列してなる符号セットとして一对のゴレイ符号を用いた例を説明したが、Orthogonal Complementary Pair 符号(IEEE Trans. on Information Theory, vol. IT-24, No. 5 Sept. 1978, p.546-552.)など様々な符号種類を選択して用いることができる。また、3 つの変調符号が配列してなる符号セットを用いることもできる。例えば、符号セットが、第 1 ないし第 3 の変調符号 X、Y、Z を配列してなるとき、逆符号セットは、第 3 の変調符号 Z の極性を

- 反転させた第4の変調符号 $-Z$ と、第2の変調符号 Y の極性を反転させた第5の変調符号 $-Y$ と、第1の変調符号の極性を反転させた第6の変調符号 $-X$ を順に配列すればよい。その場合、変調符号 $-X$ は、変調符号 X の変調符号係数の位相を所定位相だけ回転させた符号になる。変調符号 $-Y$ 、 $-Z$ についても同様である。
- 5 これにより、タイムサイドローブをより低減することができる。また、Quadriphase Sequence(IEICE Trans. Fundamentals, vol.e82-a_12_2771)など、符号セットが4つの変調符号が配列してなるときでも、3つの変調符号を配列してなる場合と同様な考え方により、逆符号セットの各変調符号を設定することができる。要するに、符号セットと逆符号セットがそれぞれ N 個の変調符号を配列
- 10 してなるとき、逆符号セットの M 番目の変調符号は、符号セットの $(N-M+1)$ 番目の変調符号の極性を反転させたものにすればよい。なお、 N は、2以上の自然数、 M は、 N 以下の自然数とする。

- この場合において、逆符号セットの複数の変調符号は、符号セットの各変調符号の位相を回転させた関係にすることができる。これにより、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減しつつ、被検体内の媒質の非線形性に起因する
- 15 タイムサイドローブも低減することができる。例えば、第1の例として、符号セ

- 20 これにより、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減しつつ、被検体内の媒質の非線形性に起因するタイムサイドローブも低減することができる。

- また、変調符号の符号間隔を 1λ にした例を説明したが、これに代えて、符号間隔を 1.5λ や 2λ にすることができる。例えば、 2λ にしたとき、変調符号
- 25 Aの変調符号係数を $(1, 0, 1, 0, 1, 0, -1)$ とし、変調符号Bの変調符号係数を $(-1, 0, 1, 0, -1, 0, -1)$ とすればよい。これにより、符号間隔が離れるから、レスポンスによる影響が少なくなる。したがって、タイムサイドローブをさらに低減することができる。

また、変調符号係数群が予め演算により求められ、求められた変調符号係数群が変調符号用係数メモリ49に格納される例を説明したが、これに代えて、変調符号の種類、符号長、符号間隔の各情報に基づき、CPUなどで変調符号係数を演算して求めるようにしてもよい。送信波形パルス波形群についても、変調符号
5 係数などに基づき、CPUなどで送信波形形状を演算して求めることができる。

(第2の実施形態)

本発明を適用した第2の実施形態について説明する。本実施形態が第1の実施形態と異なる点は、方向が異なる複数の走査ラインにおいて取得された受信信号を走査ライン間でも合成するようにしたことにある。したがって、第1の実施形態
10 態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する箇所については同一の符号を付して説明する。

図12は、本実施形態の符号復調手段の構成および動作を示すブロック図である。図13は、図12の符号復調手段の動作を示すタイムチャートである。本実施形態の符号復調手段は、走査ライン間の受信信号を合成するのに好適に構成されている。例えば、図12に示すように、符号復調手段11は、第1の実施形態
15 におけるラインメモリ31、合成手段33に代えて、復調フィルタ29の出力信号が入力されるパケットラインメモリ91と、復調フィルタ29またはパケットラインメモリ91の出力信号が入力されるパケットライン合成手段93を有する。さらに、符号復調手段11は、パケットライン合成手段93の出力信号が入力される走査ラインメモリ95と、パケットライン合成手段93または走査ラインメモリ95の出力信号が入力される走査ライン合成手段97とを有する。なお、パ
20 ケットラインメモリ91および走査ラインメモリ95は、それぞれ符号復調制御手段35によって制御される。

以下、上述した本実施形態の符号復調手段11の動作について説明する。第1
25 の実施形態と同様に、符号化送受信は、2つの変調符号A、Bを配列した符号セットと2つの変調符号-B、-Aを配列した逆符号セットを用いて行われる。図12(i)ないし(iii)、図13(i)ないし(iii)に示すように、第1番目ないし第3番目の符号化送受信が、第N番目の走査ラインに対して行われる。

これによって、第1番目ないし第3番目の受信信号が、復調フィルタ29により復調される。復調された第1番目ないし第3番目の各受信信号は、パケットラインメモリ91により順に保持される。次いで、第4番目の符号化送受信が、第N番目の走査ラインに対して行われる。これによって、図12(i v)および図13(i v)に示すように、第4番目の受信信号が、復調フィルタ29により復調される。復調された第4番目の受信信号は、パケットライン合成手段93に出力される。このとき、第1番目ないし第3番目の受信信号も、パケットラインメモリ91から読み出されてパケットライン合成手段93に出力される。さらに、符号復調制御手段35から出力された指令に応じ、合成係数選択手段83により選択された合成係数が、パケットライン合成手段93に出力される。出力された合成係数に基づき、第1番目ないし第4番目の受信信号が、パケットライン合成手段93により合成される。合成された受信信号は、走査ラインメモリ95および走査ライン合成手段97にそれぞれ出力される。

ところで、走査ラインメモリ95には、従前に受信信号が保持されている。従前の受信信号とは、例えば、第N-1番目の走査ラインにおける受信信号である。そして、第N番目の走査ラインにおける受信信号が、パケットライン合成手段93から走査ライン合成手段97に入力されたとき、第N-1番目の走査ラインにおける受信信号は、走査ラインメモリ95から読み出される。このとき、符号復調制御手段35から出力された指令に応じ、合成係数選択手段83により選択された合成係数が、走査ライン合成手段97に出力される。出力された合成係数に基づき、第N-1番目の走査ラインおよび第N番目の走査ラインにおける受信信号が、走査ライン合成手段97により合成される。合成された受信信号に基づき、第N番目の走査ラインに該当する画素位置の診断画像が、信号処理手段13と画像処理手段15などにより生成される。

なお、第N-1番目および第N番目の走査ラインにおける各受信信号が、走査ライン合成手段97により走査ライン間で合成されるとき、走査ライン合成手段97に供給する合成係数を(1, 1)とすれば、各受信信号は、1対1の比で簡便に合成される。

以上、本実施形態によれば、第1の走査ライン（例えば、N-1番目の走査ライン）における受信信号と、第1の走査ラインと異なる第2の走査ライン（例えば、N-1番目の走査ラインに隣接するN番目の走査ライン）における受信信号が、合成係数に基づいて合成される。したがって、体動に起因するタイムサイドローブが、さらに低減される。

また、第1の実施形態のメモリ81が、本実施形態では、パケットラインメモリ91と走査ラインメモリ95に分割されている。したがって、ラインメモリを効率よく使用することができる。

本実施形態の符号復調手段11を用いた具体的な例および他の例について実施例を参照して説明する。

（実施例2-1）

本実施例は、方向が異なる2つの走査ラインの受信信号が走査ライン間にまたがって合成される一例である。具体的には、第N-1番目の走査ラインに対する符号化送受信が、2つの変調符号A、Bを配列した符号セットと2つの変調符号-B、-Aを配列した逆符号セットを用いて行われる。次いで、第N-1番目の走査ラインに隣接する第N番目の走査ラインに対する符号化送受信が、符号セットと逆符号セットのセット順番が入れ替えられて行われる。つまり、第N番目の走査ラインに対する符号化送受信が、第N-1番目の符号化送受信の実行順序を逆にして行われる。

具体的には、第N-1番目の走査ラインに対する符号化送受信は、変調符号A、B、-B、-Aに基づいて行われる。一方、第N番目の走査ラインに対する符号化送受信は、変調符号-B、-A、A、Bに基づいて行われる。次いで、第N-1番目の走査ラインにおける各受信信号が、パケット合成手段93により符号パケット間で合成される。同様に、第N番目の走査ラインにおける各受信信号が符号パケット間で合成される。それらの合成信号が、合成係数に基づいてさらに合成されることによって、第N-1番目および第N番目の走査ラインにまたがって合成された信号（走査ライン間合成信号）として取得される。そして、取得された走査ライン間合成信号に基づいて第N番目の走査ライン上の超音波像が再構成

されることになる。

本実施例によれば、第N-1番目の走査ラインの合成信号に生じるタイムサイドローブは、被検体が順方向に移動する体動に起因した信号になる。一方、第N番目の走査ラインの合成信号に生じるタイムサイドローブは、被検体が相対的に
5 逆向きに移動する体動に起因したタイムサイドローブと等価になる。したがって、第N-1番目および第N番目の走査ラインにおける各受信信号を、走査ライン間をまたがってさらに合成することにより、体動に起因するタイムサイドローブが相殺される。

10 なお、本実施例に示した一例に限られるものではなく、要するに、異なる2つの走査ラインにおいて、符号化送受信の実行順序を互いに逆にして符号化送受信を行えばよい。

(実施例2-2)

本実施例は、1つの符号パケットに基づく4つの超音波送波ビームが、複数の走査ラインに配分して送波する一例である。例えば、第N-1番目の走査ライン
15 に対する符号化送受信が、変調符号A、Bを用いて行われる。次いで、第N番目の走査ラインに対する符号化送受信が、変調符号-B、-Aを用いて行われる。そして、第N-1番目および第N番目の各走査ラインにおける受信信号は、合成係数に基づき、パケットライン合成手段93により走査ラインごとに合成される。走査ラインごとに合成した受信信号は、走査ライン合成手段97により走査ライ
20 ン間をまたがってさらに合成する。合成された信号に基づき、N番目の走査ラインに該当する診断画像を再構成する。このように、複数（例えば、2本）の走査ラインにまたがる符号パケットの合成する符号化送受信が、走査ラインごとに繰り返して行われる。

本実施例によれば、各走査ラインに対する符号化送受信の送受信回数が減る。
25 したがって、体動に起因したタイムサイドローブを低減できるほか、超音波像のフレームレートが向上する。

(実施例2-3)

本実施例は、符号化送受信は、走査ライン4本を1組として行われる一例であ

る。例えば、第 $N-2$ 番目の走査ラインに対する符号化送受信が、変調符号Aを用いて行われる。第 $N-1$ 番目の走査ラインに対する符号化送受信が、変調符号Bを用いて行われる。第 N 番目の走査ラインに対する符号化送受信が、変調符号 $-B$ を用いて行われる。第 $N+1$ 番目の走査ラインに対する符号化送受信が、変調符号 $-A$ を用いて行われる。そして、各走査ラインの受信信号が、走査ライン合成手段97により合成される。合成された信号に基づき、 $N+1$ 番目の走査ラインに該当する診断画像が、再構成される。このように、複数（例えば、4本）の走査ラインにまたがる符号パケットの合成する符号化送受信が、走査ラインごとに繰り返して行われる。これにより、体動に起因したタイムサイドローブが低減されるとともに、超音波像のフレームレートがさらに向上する。

なお、実施例2-2、実施例2-3に示した一例に限られるものではなく、要するに、符号セットの各変調符号に対応する超音波ビームを複数の第1の走査ラインに配分して送波し、逆符号セットの各変調符号に対応する超音波ビームを複数の第1の走査ラインと少なくとも一部が異なる複数の第2の走査ラインに配分して送波すればよい。

（実施例2-4）

本実施例は、1つの符号パケットに基づく複数の超音波ビームが複数の走査ラインに分配して送信するとき、走査ライン間に見かけ上の走査ラインを補間する一例である。例えば、第 $N-1$ 番目および第 N 番目の各走査ラインで合成された受信信号を、走査ラインメモリ95によりさらに合成するとき、符号復調制御手段35は、走査ラインメモリ95に供給する合成係数を適宜変更する。これによって、見かけ上の走査ライン数が増える。したがって、超音波像の分解能が向上する。具体的には、第 $N-1$ 番目および第 N 番目の走査ライン間で合成するとき、合成係数を $(1/4, 3/4)$ 、 $(2/4, 2/4)$ および $(3/4, 1/4)$ とする。これによって、第 $N-1$ 番目と第 N 番目の走査ライン間（隣接する走査ライン間）に補間ラインが3本設定される。したがって、見かけ上の走査ライン本数が増えるため、超音波像の分解能が向上する。

（第3の実施形態）

本発明を適用した第3の実施形態について図14及び図15を参照して説明する。図14は、本実施形態の符号復調手段の構成および動作を示すブロック図である。図15は、図14の符号復調手段の動作を示すタイムチャートである。本実施形態は、第2の実施形態の符号復調手段と類似するが、受信信号の合成処理の動作方法が相違する。したがって、第3の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する箇所については同一の符号を付して説明する。

図14(i.i)および図15(i.i)に示すように、第2番目の符号化送受信が行われたとき、復調フィルタ29から出力される受信信号が、パケットライン合成手段93により直接に入力される。このとき、パケットラインメモリ91に保持されている従前の符号化送受信による第1番目の受信信号が、パケットライン合成手段93により読み出される。読み出された第1番目の受信信号は、パケットライン合成手段93により第2番目の受信信号に合成される。合成された受信信号は、パケットラインメモリ91に戻される。そして、図14(i.i.i)および図15(i.i.i)に示すように、第3番目の符号化送受信が行われるときも、同様に、復調フィルタ29から出力される第3番目の受信信号は、パケットライン合成手段93によりパケットラインメモリ91から読み出された合成後の受信信号とさらに合成される。合成された受信信号は、パケットラインメモリ91に戻される。さらに図14(i.v)および図15(i.v)に示すように、復調フィルタ29から出力される第4番目の受信信号は、パケットラインメモリ91から読み出された合成後の受信信号と、さらに合成されて信号処理手段13に出力される。本実施形態のようにしても、第2の実施形態と同様の効果を奏することができる。

(第4の実施形態)

25 本発明を適用した第4の実施形態について図16および図17を参照して説明する。本実施形態が第2の実施形態と異なる点は、符号化送受信を行うに先立って、スキャン用超音波送波ビームにより受信信号の相互相関を解析するプレスキャンを行うことにより、1つの符号パケットに基づく超音波送波ビームを配分す

る走査ライン数を決めるようにしたことにある。

図16は、本実施形態の相関判定手段の構成を示すブロック図である。図16に示すように、相関判定手段98は、メモリ99、相関処理手段100、判定手段101、閾値選択手段102から構成される。メモリ99は、SRAMなどの記憶素子から構成される。相関処理手段100は、DSP (Digital Signal Processor) やCPUなどの差分演算、積算演算を実効する演算器などから構成されている。判定手段101は、入力値を比較する判定器などから構成されている。閾値選択手段102は、セレクトタなどから構成することができる。

図17は、プレスキャンと相関判定手段98の具体的なシーケンスおよび判定方法について、空間的相関を求める場合の例を示している。図17(A)に示すように、符号化送受信を開始する前に、図17(A)に示すように、関心領域(ROI)が、自動的またはトラックボールなどの入力手段を用いて、ターゲット103を含むように表示画面上に設定される。そして、スキャン用超音波送波ビームを送波する所定数の走査ライン105 (例えば、第1方向ないし第6方向の走査ライン) が、ターゲット103に対し設定される。

次いで、図17(B)に示すように、スキャン用超音波送波ビームが、第1方向ないし第6方向に対して探触子1から送波される。これによって、各走査ラインにおいて発生した各超音波が、探触子1に受波される。受波された各超音波は、増幅手段4により増幅処理が施された後、複数の受信信号として相関判定手段98に出力される。なお、相関判定手段98に入力した各受信信号は、メモリ99に記憶される。そして、メモリ99から読み出された各受信信号に基づき、各受信信号間の相関係数が、相関処理手段100により求められる。例えば、第1方向と第2方向の受信信号の相関係数は0と求められたとする。同様に、第2方向と第3方向、第3方向と第4方向、第4方向と第5方向、第5方向と第6方向の各相関係数がそれぞれ0.4、0.6、0.3、0と求められたとする。求められた各相関係数は、閾値選択手段102から出力された閾値 (例えば、0.4) と、判定手段101により比較される。

そして、相関係数が閾値以上であるとき、その相関係数は、判定手段101に

より有効値と判定される。したがって、本実施形態の場合、第2方向から第5方向までの3方向が、有効走査ラインと決定される。なお、閾値は、操作者により適宜変更される。決定された3方向の走査ラインの各ラインアドレスが、相関判定手段98から制御手段37に出力される。そして、出力されたラインアドレス

5 に基づき、第2の実施形態で説明したように、1パケットの符号化駆動信号に基づく超音波送波ビームが、第2方向から第5方向の走査ラインに配分して送波される。

本実施形態によれば、符号化送受信を行う前に、被検体の空間的相関（例えば、ターゲット103の大きさ）が検出される。したがって、空間的な変化が小さい

10 と判定したとき、複数の走査ライン間にまたがって合成する走査ライン数を増やすことができる。その結果、信号感度が向上したり、タイムサイドローブを低減したりすることができる。

また、空間的な変化が大きいと判定した場合、複数の走査ライン間にまたがって合成する走査ライン数を減らすことができる。したがって、送波される超音波

15 は、ターゲット103に確実に照射されるから、超音波像に、にじみやボケが生じることを防ぐことができる。

また、本実施形態によれば、空間的相関に基づき、複数の走査ライン間にまたがって合成する走査ライン数の最大許容数を決めることができる。したがって、その走査ライン数の範囲内で超音波送波ビームを配分することにより、超音波像

20 のにじみやボケを防ぎつつ、所望の信号感度が実現される。

なお、本実施形態の相関演算係数の1つの演算例を説明する。例えば、受信信号S1と他の受信信号S2との相関係数を求める場合、各受信信号S1、S2の同一位相の代表点が、等間隔に例えば4点設定される。設定された各代表点1～4における受信信号の差の絶対値 $|S1 - S2|$ が、加算される。加算された絶対値の平均値が、求められる。求められた平均値は、一方の受信信号の絶対値 $|S1|$ で除算される。そして、除算された値を1から引くことにより、相関係数が求められる。これを式で表すと、数1式となる。

25

$$\text{(数1式) 相関係数} = 1 - \Sigma |S1 - S2| / 4 |S1|$$

以上、第4の実施形態を説明したが、これに限られるものではない。例えば、操作者により入力手段から超音波像の空間分解能、感度レベル、フレームレートなどのパラメータが入力設定されるようにしてもよい。その場合、入力されたパラメータに基づき、複数の走査ライン間にまたがって合成する走査ライン数が決5められる。また、設定されたパラメータと被検体の空間的相関とを総合的に判断し、その判断結果に基づき、走査ライン数を決めることもできる。なお、入力手段は、マウス、キーボードなどから構成することができる。また、表示手段17には、パラメータ設定用のGUI (Graphical User Interface) が表示される。

また、本実施形態では、符号化送受信を開始するにあたってプレスキャンを行うようにしたが、診断部位を変更したときに行ったり、定期的に行ったりすることもできる。その場合、診断中に診断部位を変更したとき、ボタンなどにより手動でプレスキャンを開始したり、ターゲット103から部位が移動したことを表示画像の輝度データの時間的变化などから自動認識して自動的にプレスキャンを開始したりすればよい。また、プレスキャン機能を有効または無効とする設定を15入力手段から入力することができる。要するに、プレスキャンを実行するタイミングについては、符号セットと逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって探触子1から複数の超音波送波ビームを複数の走査ラインに配分して送波する前のタイミング、あるいは、探触子1から送波される超音波送波ビームの照射部位が変更されたタイミング、または、予め定められたタイミングなどにすればよい。

20 また、数1式のほか数2式に基づいて相関係数を求めるようにしてもよい。数2式において、Nは、サンプリング点数を示しており、本実施形態では「4」である。つまり、4点のサンプリング点 ($N=n, n+1, n+2, n+3$) に対しプレスキャン用の超音波ビームにより評価を行うことにしている。なお、 $n \sim n+3$ は、全サンプル点のうち、ターゲット103に相当するサンプル点に相当25する位置である。また、ピアソンの積率相関係数、スピアマンの順位相関係数、ケンドールの順位位相係数なども用いることができる。要するに、平均に対して各値の分散量の多さや少なさを比較できればよい。

(数2式)

$$\text{相関係数} = \frac{\sum_{i=1}^N (\dot{S1}_{n+i} \cdot \dot{S2}_{n+i})}{\sum_{i=1}^N |\dot{S1}_{n+i}| \cdot |\dot{S2}_{n+i}|}$$

$\dot{S1}, \dot{S2}$ は、 $S1, S2$ をベクトル表記したものである。

(第5の実施形態)

本発明を適用した第5の実施形態について図18を参照して説明する。図18
 5 は、プレスキャンと相関判定手段98の具体的なシーケンスおよび判定方法につ
 いて、時間的相関を求める場合の例を示している。本実施形態が第4の実施形態
 と異なる点は、符号化送受信を行うに先立って、同一走査ラインに対しプレスキ
 ャンを行うことにより、同一走査ラインに送波する超音波送波ビームの数を決め
 るようにしたことにある。なお、第4の実施形態と同一の部分については説明を
 10 省略し、相違点について説明する。

図18(B)に示すように、符号化送受信が行われる前に、スキャン用超音波
 送波ビームが、探触子1から同一走査ライン105に対して、設定時間間隔で複
 数回(例えば、6回)送波される。探触子1により受波された各受信信号に基づ
 き、各受信信号間の相関係数が、相関判定手段98の相関処理手段100により
 15 求められる。例えば、体動によりターゲット103が移動する場合、1回目と2
 回目、2回目と3回目、3回目と4回目、4回目と5回目、5回目と6回目の受
 信信号間の相関係数が、0、0.6、0.7、0.4、0と求められたとする。
 求められた相関係数は、閾値選択手段102から出力された閾値(例えば0.4)
 と、判定手段101により比較される。そして、閾値以上の相関係数は、判定手
 20 段101により有効値と判定される。判定された有効値に基づき、同一走査ライ
 ンに対する送受信回数と送波タイミングが、決められる。例えば、本実施形態の
 場合、2回目と3回目、3回目と4回目、4回目と5回目、5回目と6回目の受
 信信号間の相関係数が有効値と判定される。したがって、2回目から5回目の4
 回の符号化送受信が、同一走査ラインに対して行われることになる。また、2回

目から5回目の4回の符号化送受信は、スキャン用超音波送波ビームの送波タイミングと同じ設定時間間隔で行われる。

本実施形態によれば、被検体の時間的な変化（例えば、呼吸運動の体動に起因するターゲット103の移動）が検出される。したがって、時間的な変化が小さいと判定したとき、同一走査ラインに対する符号化送受信回数を増やすことができる。その結果、信号感度を向上させたり、タイムサイドロープを低減したりすることができる。例えば、変調符号A、B、-B、-Aに基づく符号化送受信が、同一走査ラインに対して4回繰り返されることに代えて、同一走査ラインに対して8回または16回など、より多く繰り返されるようにしてもよい。

- 10 また、時間的な変化が大きいと判定したとき、同一走査ラインに対する符号化送受信回数を減らすことができる。したがって、超音波送波ビームが、ターゲット103に確実に照射されるから、超音波像に、にじみやボケが生じることを防ぐことができる。また、時間的相関に基づき、同一走査ラインに対する符号化送受信回数の最大許容数を判定することができる。したがって、その範囲内で符号化送受信を行うことにより、画像のにじみやボケを防ぎつつ、所望の信号感度を
15 実現できる。

以上、第5の実施形態を説明したが、これに限られるものではない。例えば、

- 超音波像の空間分解能、感度レベル、フレームレートなどのパラメータが、操作者により入力手段から入力設定されるようにしてもよい。その場合、入力された
20 パラメータに基づき、同一走査ラインに対する符号化送受信回数、送波タイミングが決められる。また、設定されたパラメータと被検体の時間的相関とを総合的に判断し、その判断結果に基づき、符号化送受信回数を決めることもできる。

- なお、第4の実施形態と同様に、符号化送受信を開始するにあたってプレスキャンを開始することのほか、診断部位を変更したときに行ったり、定期的に行ったりすることもできる。その場合、診断中に診断部位を変更したとき、ボタンなどにより手動でプレスキャンを開始したり、ターゲットから部位が移動したことを、表示画像の輝度データの時間的な変化などから自動認識して開始したりすれば
25 よい。また、プレスキャン機能を有効または無効とする設定を入力手段から入力

することができる。

(第6の実施形態)

本発明を適用した第6の実施形態について図19ないし図21を参照して説明する。図19は、本実施形態の超音波撮像装置の構成を示すブロック図である。

- 5 図20は、本実施形態の送信手段の詳細な構成を示すブロック図である。図21は、本実施形態の符号復調手段の詳細な構成を示すブロック図である。本実施形態が、第1の実施形態と異なる点は、変調波形選択手段19と送信パルス発生手段21の間に変調波形位相回転手段87を設けるとともに、復調係数選択手段27と復調フィルタ29との間に復調係数位相回転手段89を設けたことにある。
- 10 したがって、第1の実施形態と同一の部分については説明を省略し、相違点について説明する。なお、相互に対応する箇所については同一の符号を付して説明する。

- 図19に示すように、本実施形態の超音波撮像装置は、送信手段3の変調波形選択手段19と送信パルス発生手段21との間に、変調波形位相回転手段87が
- 15 設けられている。また、符号復調手段11の復調係数選択手段27と復調フィルタ29との間に、復調係数位相回転手段89が設けられている。ここで、変調波形位相回転手段87と復調係数位相回転手段89は、所望とする周波数帯域に応じた位相回転を施すものである。

- 本実施形態の超音波撮像装置の動作について説明する。まず、複数の変調波形、
- 20 例えば変調符号A、B、 $-B$ 、 $-A$ に係る変調波形が、変調波形選択手段19により選択される。選択された複数の変調波形は、変調波形位相回転手段87に記憶される。記憶された変調波形は、予め決められた送信シーケンスに従って、送信パルス発生手段21により変調波形位相回転手段87から読み出される。読み出された変調波形は、パワーアンプ手段23に出力される。一方、複数の復調符号係数、例えば変調符号A、B、 $-B$ 、 $-A$ に対応する復調符号係数が、復調係数選択手段27により選択される。選択された復調符号係数は、復調係数位相回転手段89に記憶される。記憶された復調符号係数は、予め決められた送信シーケンスに従って、復調係数位相回転手段89から読み出される。読み出された復
- 25

調符号係数は、復調フィルタ 29 に出力される。

本実施形態によれば、変調符号に応じた変調波形が、変調波形位相回転手段 87 により位相を回転して出力される。また、変調符号に応じた復調符号係数が、復調係数位相回転手段 89 により位相を回転して出力される。したがって、第 1 の実施形態における効果と同様の効果のほか、符号化送受信が行われるたびに変調波形または復調符号係数を演算する必要がなくなるから、演算負荷が低減されるという効果がある。

以上、第 1 ないし第 6 の実施形態に基づいて本発明を説明したが、これに限られるものではない。例えば、各実施形態では、符号セットの各変調符号を変調符号 A、B とし、逆符号セットの各変調符号を変調符号 $-B$ 、 $-A$ とした例を説明した。つまり、逆符号セットの各変調符号を、符号セットの各変調符号の配列順を逆にし、かつ位相を回転させた符号とすることによって、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減しつつ、被検体内の媒質の非線形性に起因するタイムサイドローブも低減するようにしたが、これに限られない。具体的には、符号セットの各変調符号を変調符号 A、B とし、逆符号セットの各変調符号を変調符号 B、A としてもよい。このような符号の構成にすることによって、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減することができる。その場合、逆符号セットの変調符号の位相を回転させること以外は、本発明の各実施形態と各実施例を適宜適用することができる。なお、符号セットと逆符号セットの変調符号の個数を 3 以上にしても同様である。

また、特開平 7-59766 に開示されているように、符号セットの各変調符号を変調符号 A、B とし、逆符号セットの各変調符号を変調符号 $-A$ 、 $-B$ としても、本発明の各実施形態と各実施例を適用することができる。この場合、被検体の体動に起因するタイムサイドローブを低減できないが、被検体内の媒質の非線形性に起因するタイムサイドローブを低減することができる。なお、符号セットと逆符号セットの変調符号の個数を 3 以上にしても同様である。

請求の範囲

1. 少なくとも2つが相補的關係にある複数の変調符号を配列してなる符号セットによって、基本波を順次変調して符号化駆動信号として探触子に出力して
5 超音波ビームを送波し、前記探触子から出力される各受信信号を前記符号セットの前記各変調符号に対応する復調符号によって復調する第1の符号化送受信工程と、

前記第1の符号化送受信工程で復調した各復調信号を合成して第1の合成信号を得る工程と、

10 前記符号セットの前記変調符号の配列順を逆にした複数の変調符号からなる逆符号セットによって、基本波を順次変調して符号化駆動信号として前記探触子に出力して超音波ビームを送波し、前記探触子から出力される各受信信号を前記逆符号セットの前記各変調符号に対応する復調符号によって復調する第2の符号化送受信工程と、

15 前記第2の符号化送受信工程で復調した各復調信号を合成して第2の合成信号を得る工程と、

前記第1の合成信号と前記第2の合成信号を合成して第3の合成信号を得る工程と、

20 前記第3の合成信号に基づいて超音波像を再構成する工程とを有することを特徴とする超音波撮像方法。

2. 請求項1に記載の超音波撮像方法において、前記逆符号セットの前記複数の変調符号は、前記符号セットの前記各変調符号の位相を回転させた關係にあることを特徴とする超音波撮像方法。

25 3. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記第1の符号化送受信工程と前記第2の符号化送受信工程の後に、前記第1の合成信号を得る工程と前記第2の合成信号を得る工程が実行されることを特徴とする超音波撮像方法。

4. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記第1の符号化送受信工程と前記第2の符号化送受信工程がそれぞれ異なる走査ラインにおいて実行され

ることを特徴とする超音波撮像方法。

5. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、異なる2つの走査ラインにおいて、前記第1の符号化送受信工程と前記第2の符号化送受信工程の実行順序を互いに逆にして、該走査ライン毎に前記第3の合成信号を得、これら2つの第3の合成信号を合成して超音波像を再構成することを特徴とする超音波撮像方法。

6. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記第1の符号化送受信工程は、前記符号セットの各変調符号に対応する超音波ビームを複数の第1の走査ラインに配分して送波し、前記第2の符号化送受信工程は、前記逆符号セットの各変調符号に対応する超音波ビームを前記複数の第1の走査ラインと少なくとも一部が異なる複数の第2の走査ラインに配分して送波することを特徴とする超音波撮像方法。

7. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記符号セットが、第1の変調符号と第2の変調符号を配列してなるとき、前記逆符号セットは、前記第2の変調符号の極性を反転させた第3の変調符号と、前記第1の変調符号の極性を反転させた第4の変調符号を順に配列してなることを特徴とする超音波撮像方法。

8. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記符号セットが、第1ないし第3の変調符号を配列してなるとき、前記逆符号セットは、前記第3の変調符号の極性を反転させた第4の変調符号と、前記第2の変調符号の極性を反転させた第5の変調符号と、前記第1の変調符号の極性を反転させた第6の変調符号を順に配列してなることを特徴とする超音波撮像方法。

9. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記符号セットが、第1ないし第4の変調符号を配列してなるとき、前記逆符号セットは、前記第4の変調符号の極性を反転させた第5の変調符号と、前記第3の変調符号の極性を反転させた第6の変調符号と、前記第2の変調符号の極性を反転させた第7の変調符号と、前記第1の変調符号の極性を反転させた第8の変調符号を順に配列してなることを特徴とする超音波撮像方法。

10. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、Nを5以上の自然数、MをN以下の自然数として、前記符号セットと前記逆符号セットがそれぞれN個の

変調符号を配列してなるとき、前記逆符号セットのM番目の変調符号は、前記符号セットの $(N-M+1)$ 番目の変調符号の極性を反転させたものであることを特徴とする超音波撮像方法。

1 1. 請求項2に記載の超音波撮像方法において、前記符号セットは一对の
5 グレイ符号であることを特徴とする超音波撮像方法。

1 2. 超音波を送受する探触子と、該探触子の駆動信号を出力する送信手段と、前記探触子から出力される受信信号を処理する受信手段と、該受信手段から出力される合成信号に基づき超音波像を再構成する画像処理手段と、該再構成された超音波像を表示する表示手段と、前記送信手段と前記受信手段と前記画像処理手段と前記表示手段を制御する制御手段を備えた超音波撮像装置において、
10

前記送信手段は、少なくとも2つは相補的な関係にある複数の変調符号を配列してなる符号セットと、該符号セットの前記変調符号の配列順を逆にした複数の変調符号からなる逆符号セットを生成する手段と、前記符号セットと前記逆符号セットの情報によって基本波を変調して符号化駆動信号を生成する手段を備え、

15 前記受信手段は、前記符号セットにより変調された符号化駆動信号に対応する各受信信号を該符号セットの各変調符号に対応する各復調符号によって復調する手段と、該各復調された信号を合成して第1の合成信号を生成する手段と、前記逆符号セットにより変調された符号化駆動信号に対応する各受信信号を該逆符号セットの各変調符号に対応する各復調符号によって復調する手段と、該各復調された信号を合成して第2の合成信号を生成する手段と、前記第1の合成信号と前記第2の合成信号とから第3の合成信号を生成する手段とを備えたことを特徴とする超音波撮像装置。

1 3. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記逆符号セットの前記複数の変調符号は、前記符号セットの前記各変調符号の位相を回転させた関係
25 にあることを特徴とする超音波撮像装置。

1 4. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記送信手段は、前記符号セットと前記逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって前記探触子から複数の第1の超音波送波ビームを第1走査ラインに送波し、前記符号セットと

前記逆符号セットのセット順番を入れ替えて順次変調した符号化駆動信号によって前記探触子から複数の第2の超音波送波ビームを前記第1走査ラインと異なる第2走査ラインに送波し、

- 5 前記受信手段は、前記各第1の超音波送波ビームに対応する各受信信号と、前記各第2の超音波送波ビームに対応する各受信信号をそれぞれ復調した後、合成することを特徴とする超音波撮像装置。

- 1 5. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記送信手段は、前記符号セットに対応する符号化駆動信号によって前記探触子から複数の第1の超音波送波ビームを第1走査ラインに送波し、前記逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって前記探触子から複数の第2の超音波送波ビームを前記第1走査ラインと異なる第2走査ラインに送波し、

前記受信手段は、前記各第1の超音波送波ビームに対応する各受信信号と、前記各第2の超音波送波ビームに対応する各受信信号をそれぞれ復調した後、合成することを特徴とする超音波撮像装置。

- 15 1 6. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記送信手段は、前記符号セットと前記逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって前記探触子から送波される複数の超音波送波ビームを複数の走査ラインに配分して送波し、

前記受信手段は、前記各超音波送波ビームに対応する各受信信号をそれぞれ復調した後、合成することを特徴とする超音波撮像装置。

- 20 1 7. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記送信手段は、前記符号セットと前記逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって前記探触子から送波される複数の超音波送波ビームを複数の走査ラインに配分して送波するとき、前記複数の走査ラインに対しスキャン用超音波ビームを配分して送波し、

- 25 前記受信手段は、前記各スキャン用超音波ビームに対応する各受信信号間の相互関係を解析して前記被検体の空間的相関を求め、該空間的相関に基づき、前記複数の超音波送波ビームを配分する走査ラインの数を決定する相関判定手段を備えることを特徴とする超音波撮像装置。

- 1 8. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記送信手段は、前記

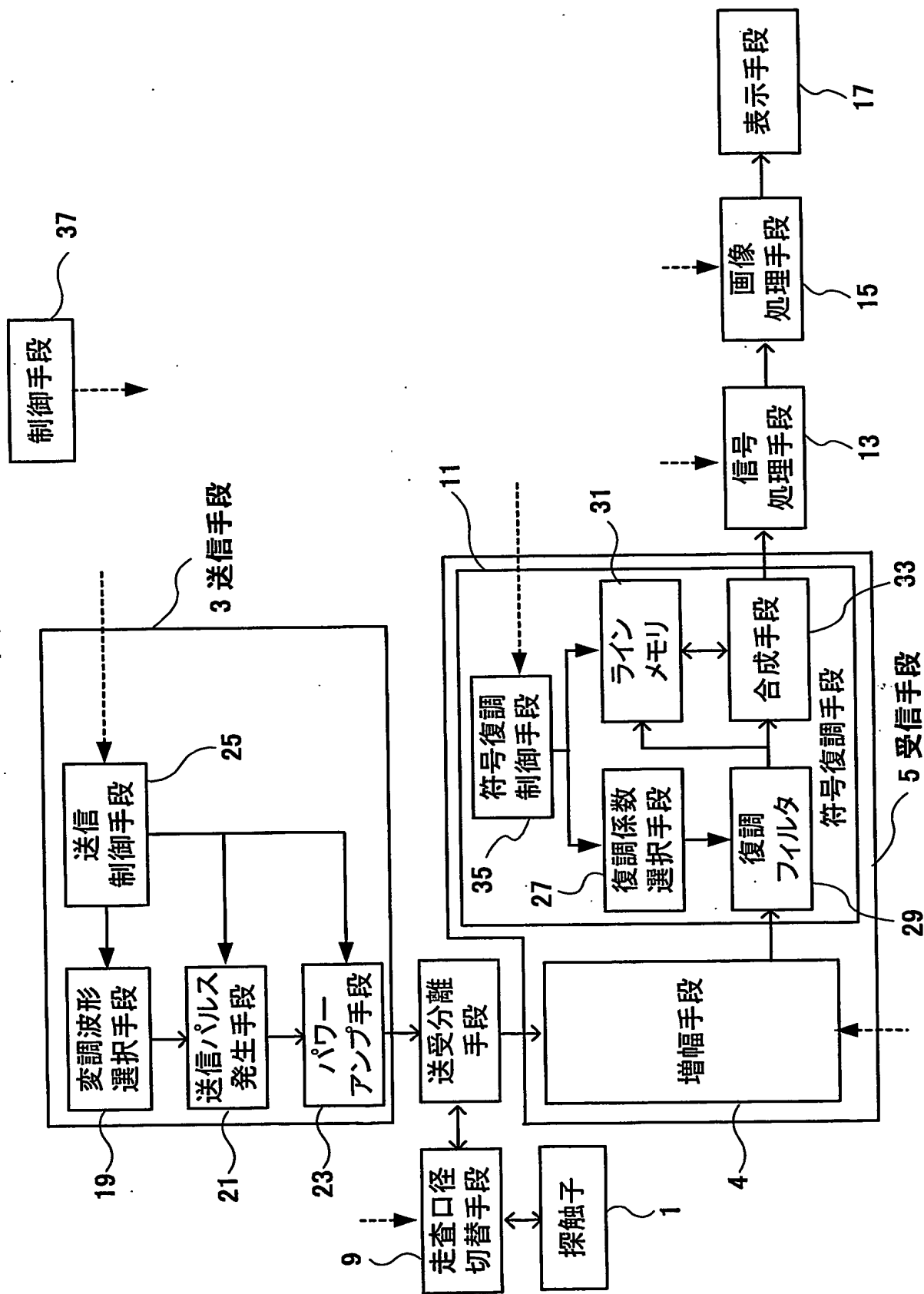
符号セットと前記逆符号セットに対応する符号化駆動信号によって前記探触子から送波される複数の超音波送波ビームを走査ラインに繰り返して送波するとき、前記走査ラインに対しスキャン用超音波ビームを繰り返して送波し、

- 5 前記受信手段は、前記各スキャン用超音波ビームに対応する各受信信号間の相互相関を解析して前記被検体の時間的相関を求め、該時間的相関に基づき、前記走査ラインに送波する超音波送波ビームの送波回数、送波タイミングの少なくとも1つを決定する相関判定手段を備えることを特徴とする超音波撮像装置。

- 10 19. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記送信手段は、前記変調波形の位相を回転する変調波形位相回転手段を有し、前記各変調符号の各変調符号係数に対応して前記変調波形の位相を回転することを特徴とする超音波撮像装置。

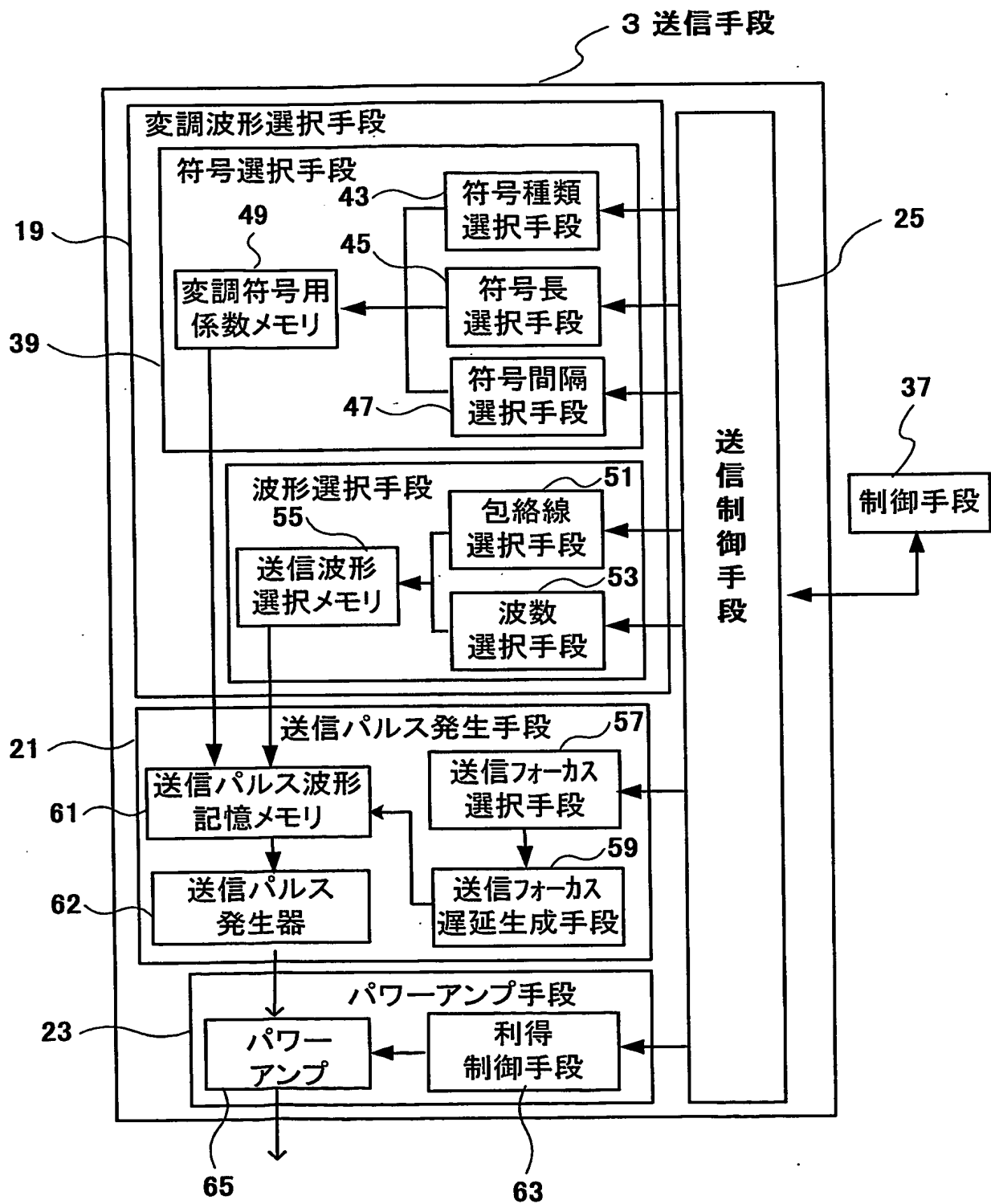
- 15 20. 請求項12に記載の超音波撮像装置において、前記受信手段は、前記各復調符号の各復調符号係数の位相を回転する復調符号係數位相回転手段を有し、該位相回転された復調符号係数に基づいて復調することを特徴とする超音波撮像装置。
-

図1



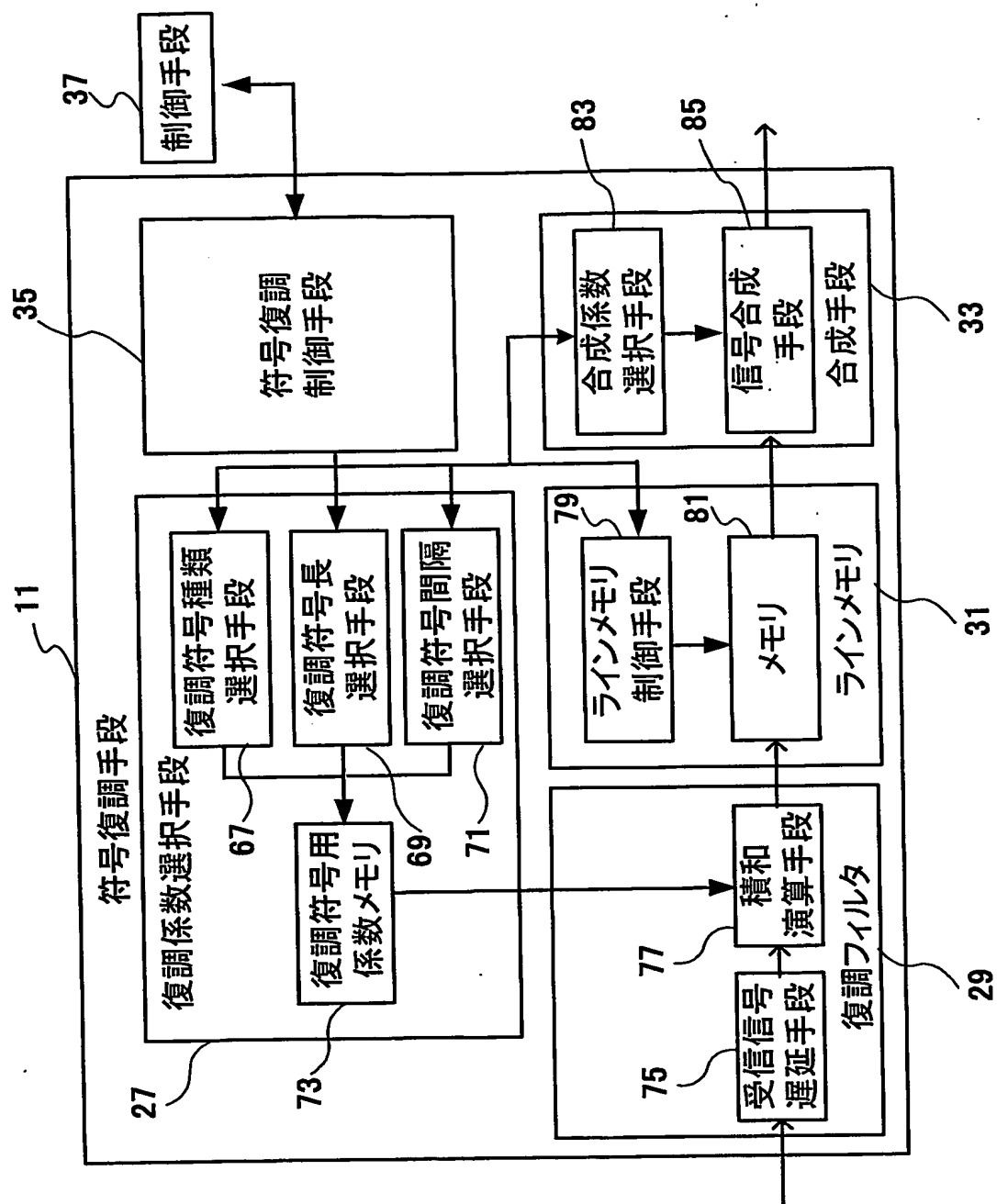
2/21

図2



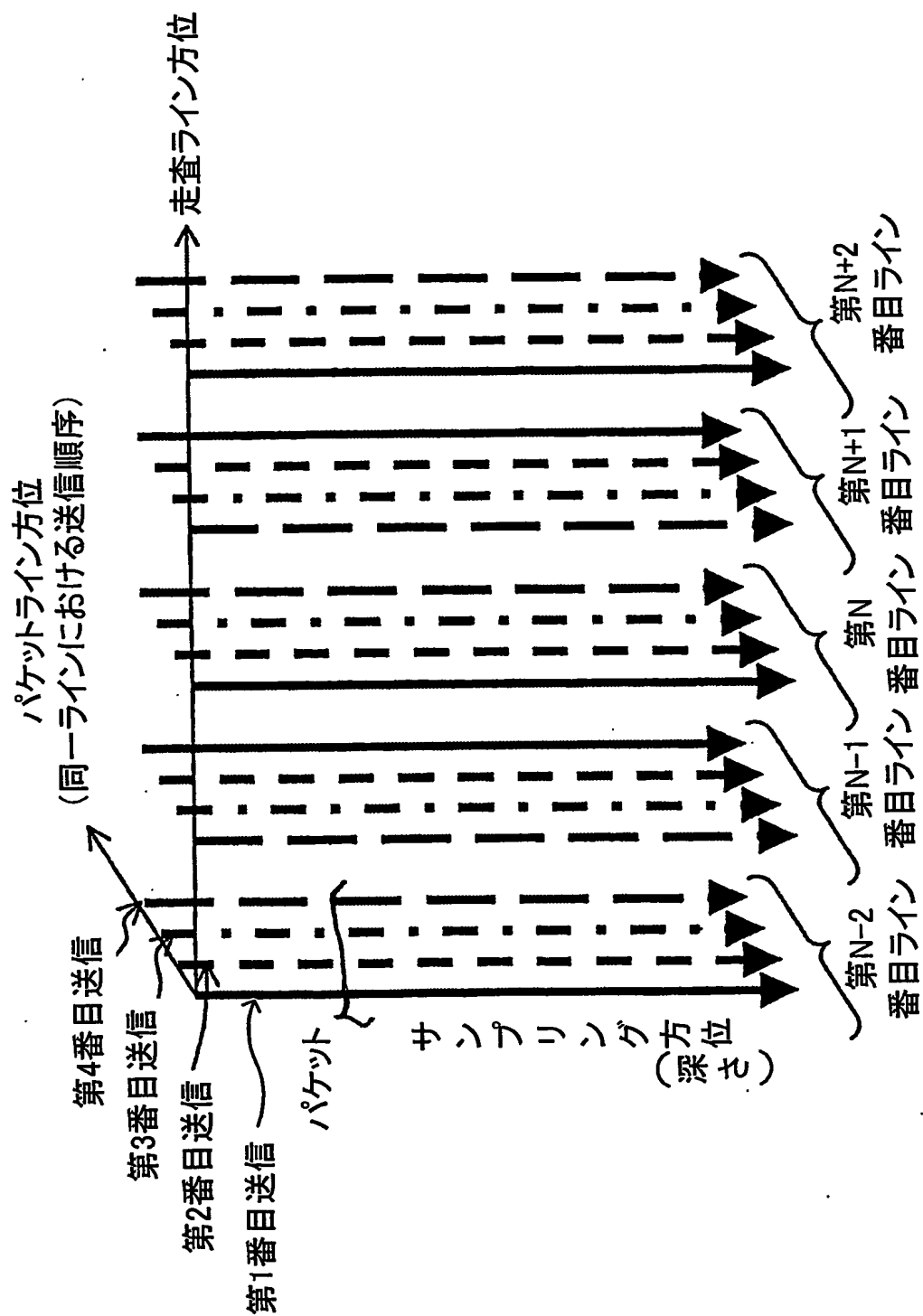
3/21

図3



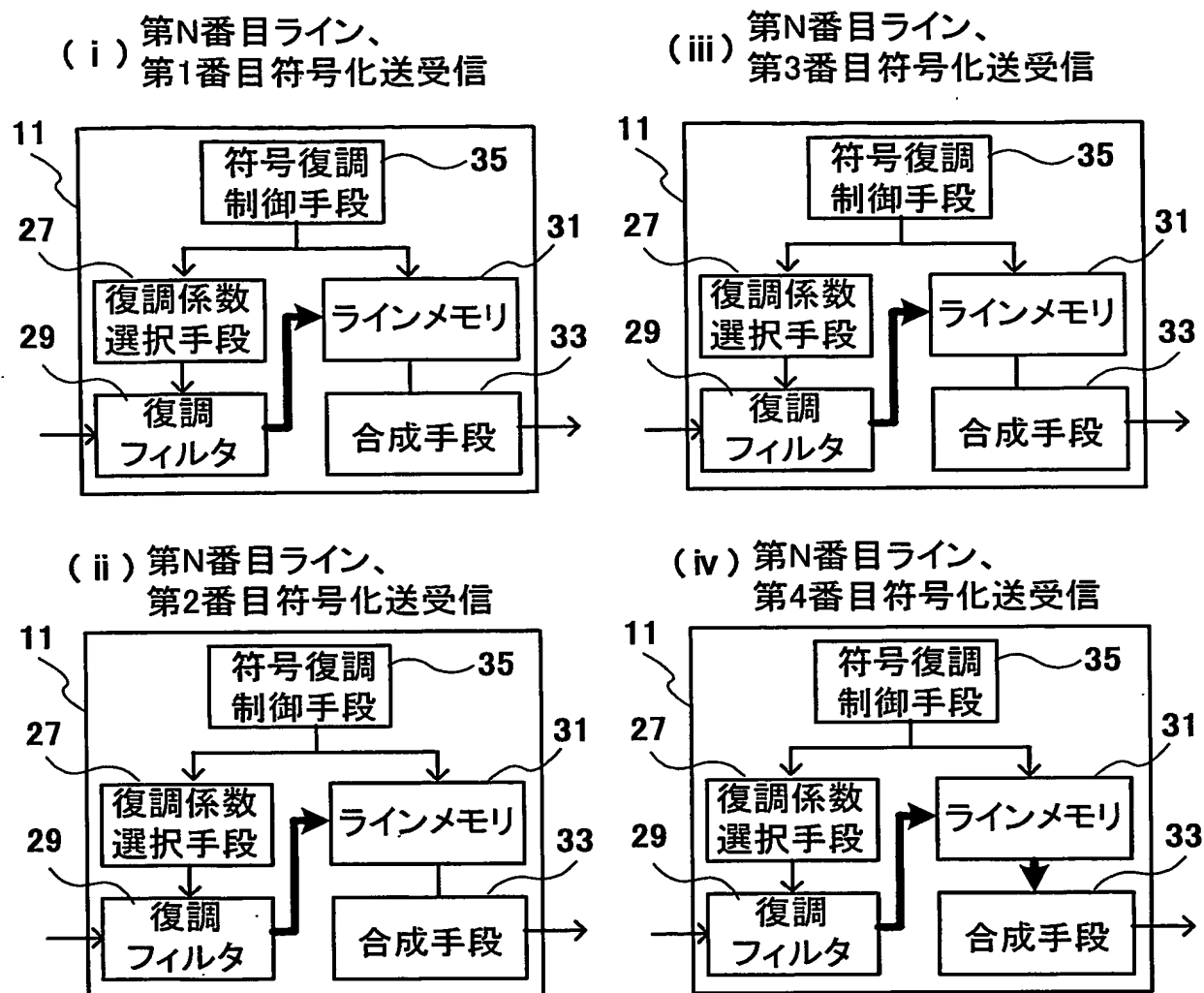
4/21

図4



5/21

図5



6
X

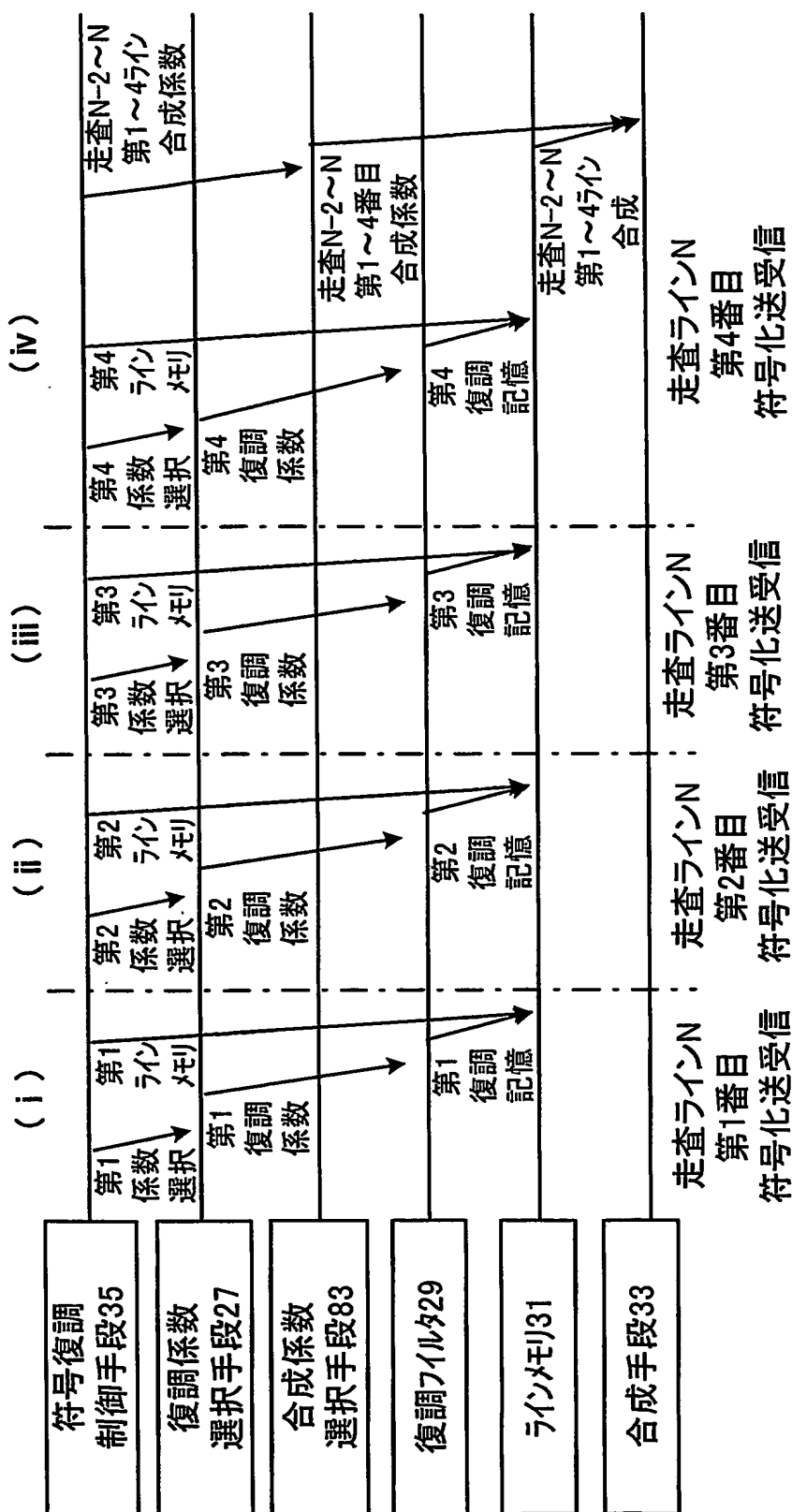


図7

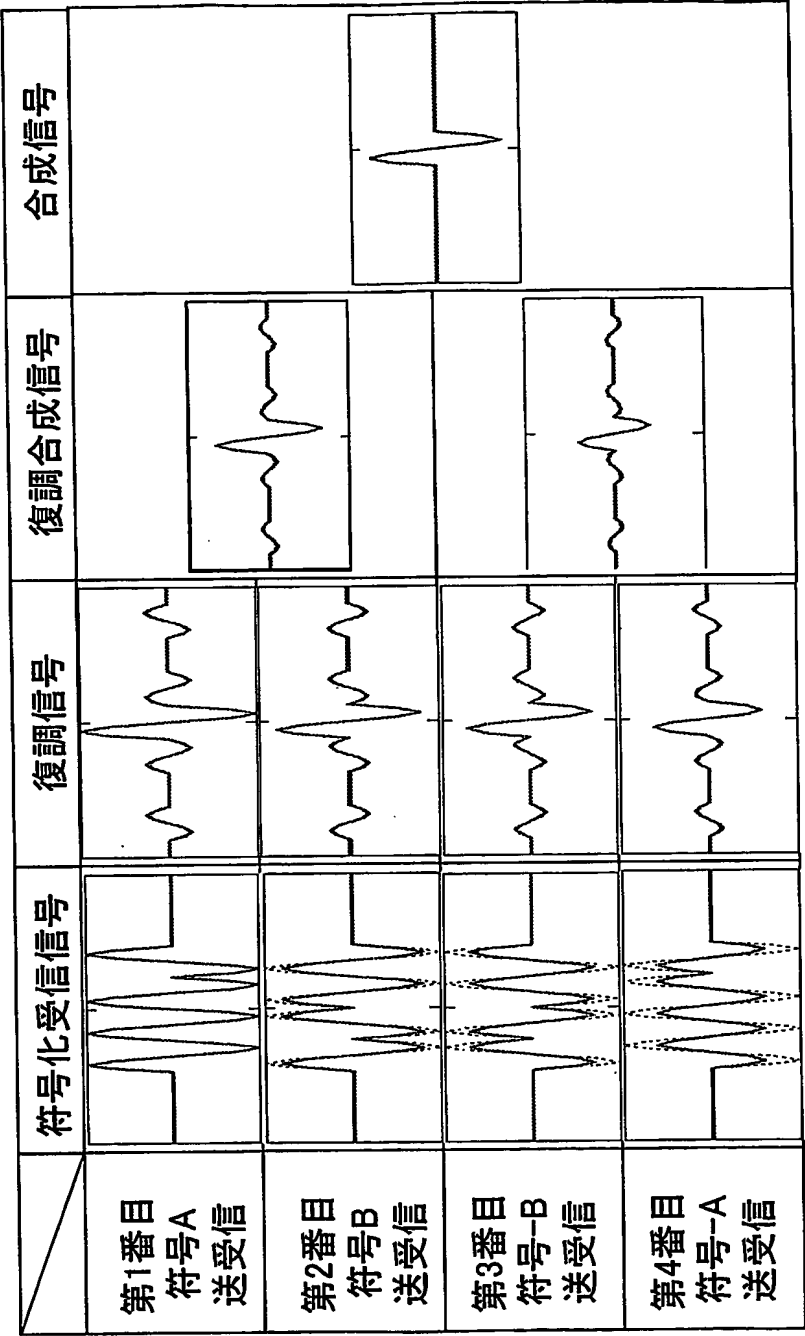


図8

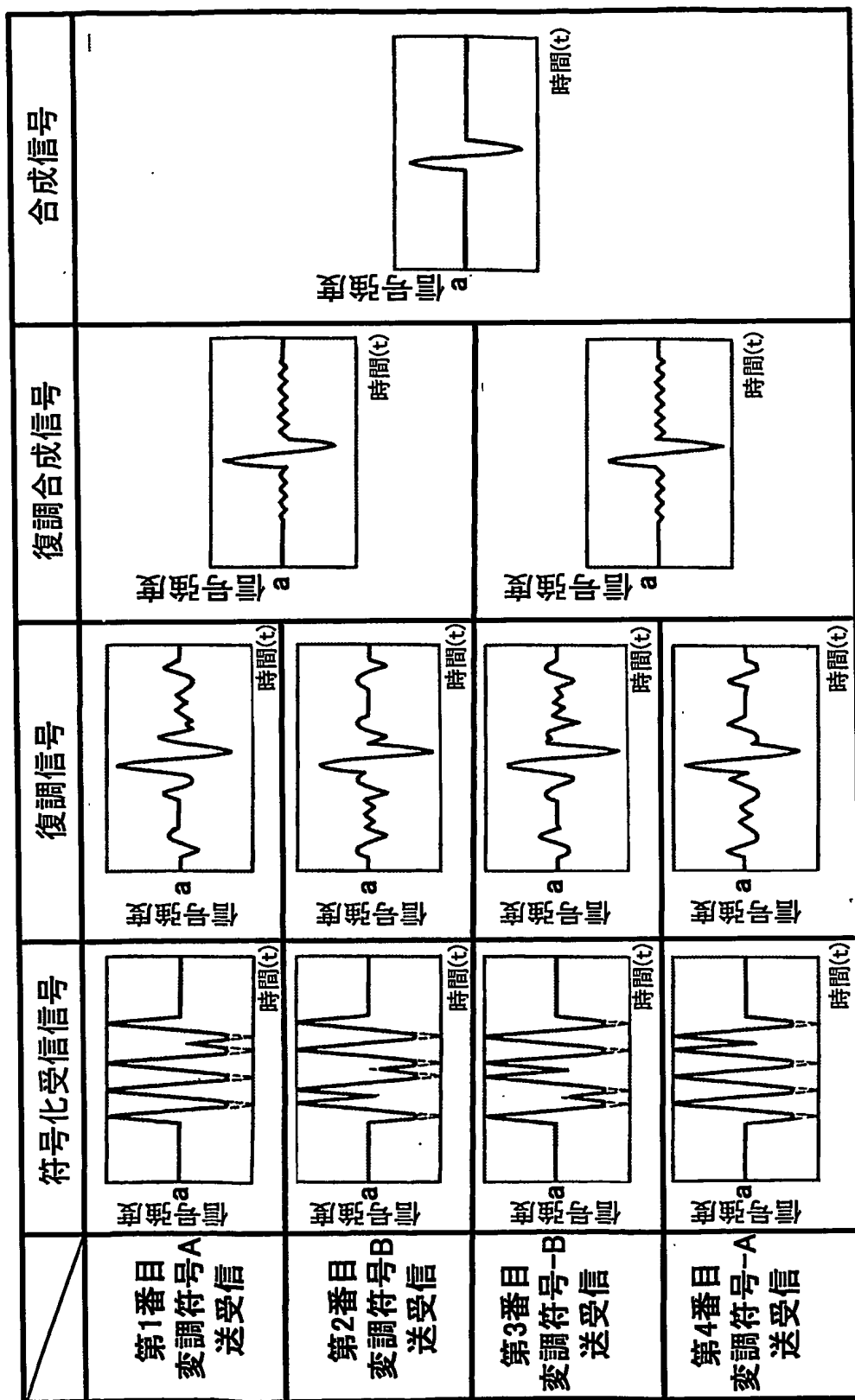
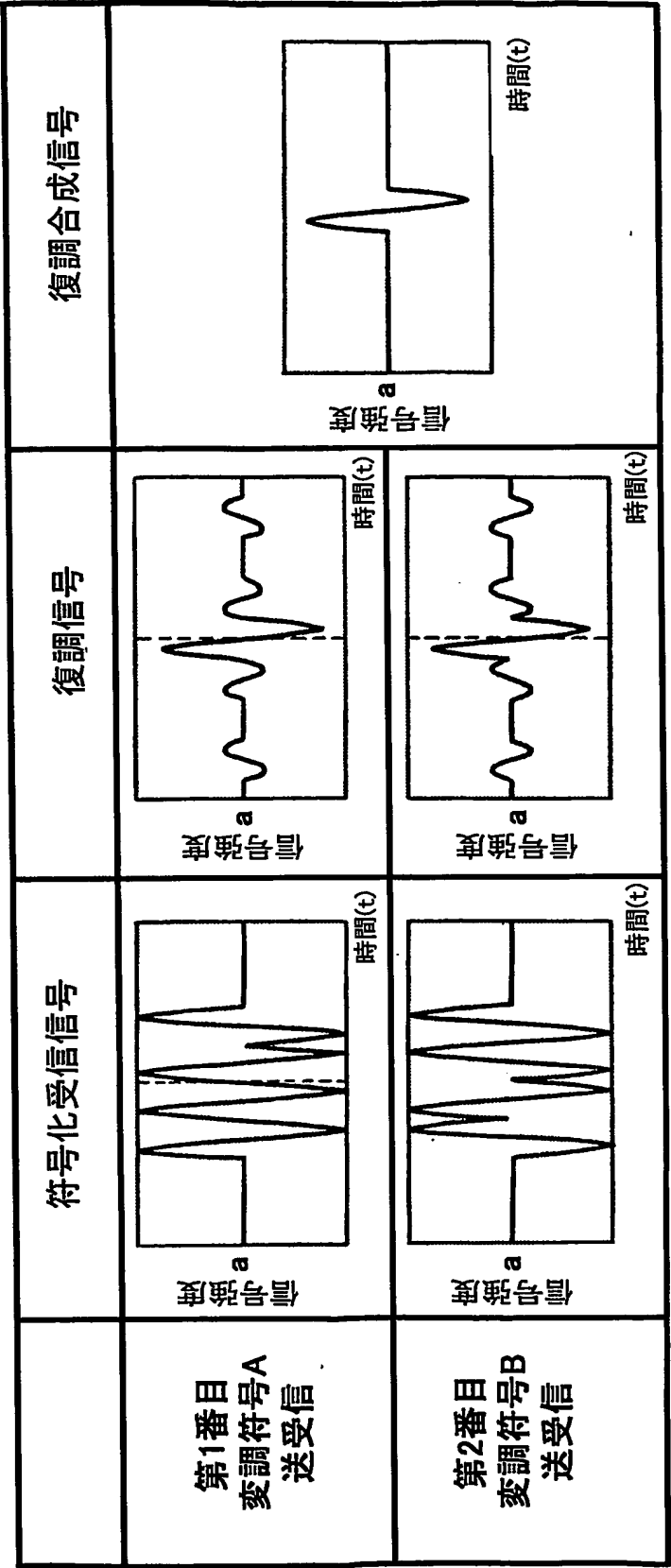
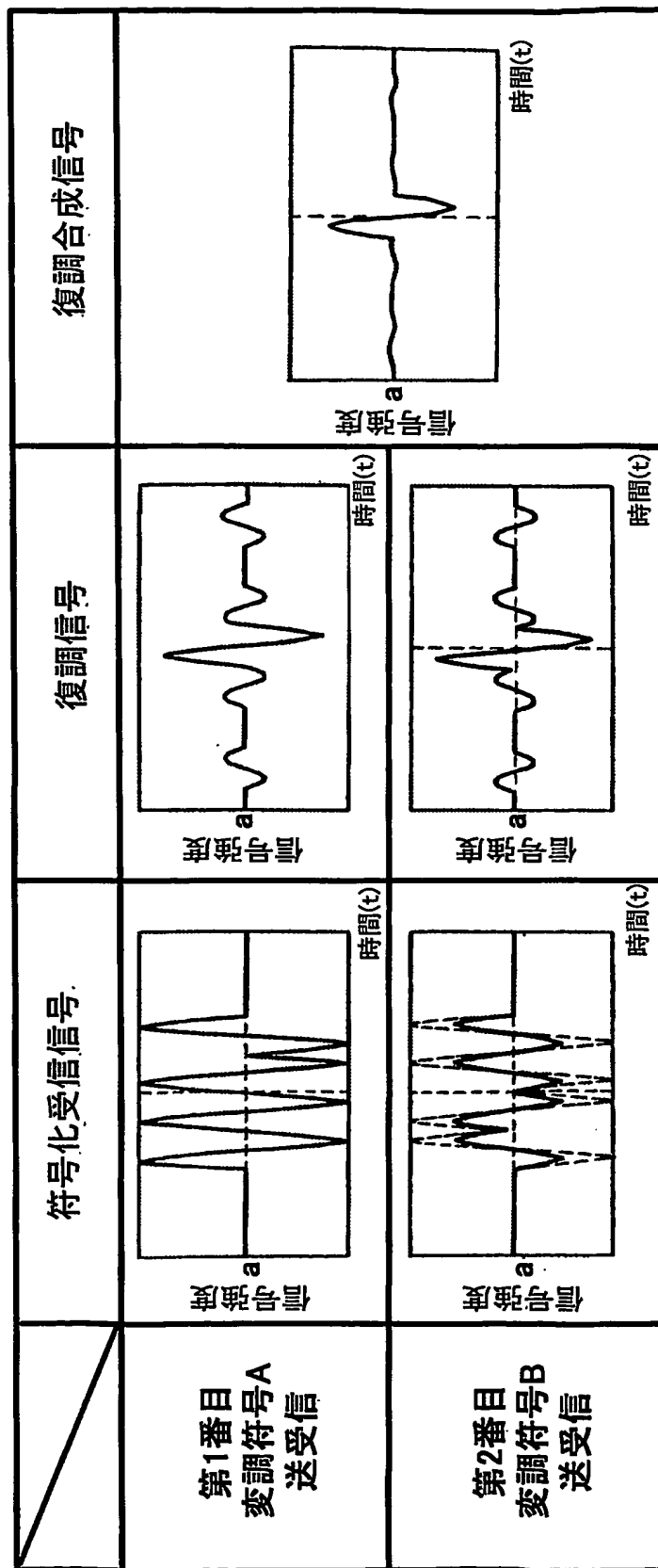


図9



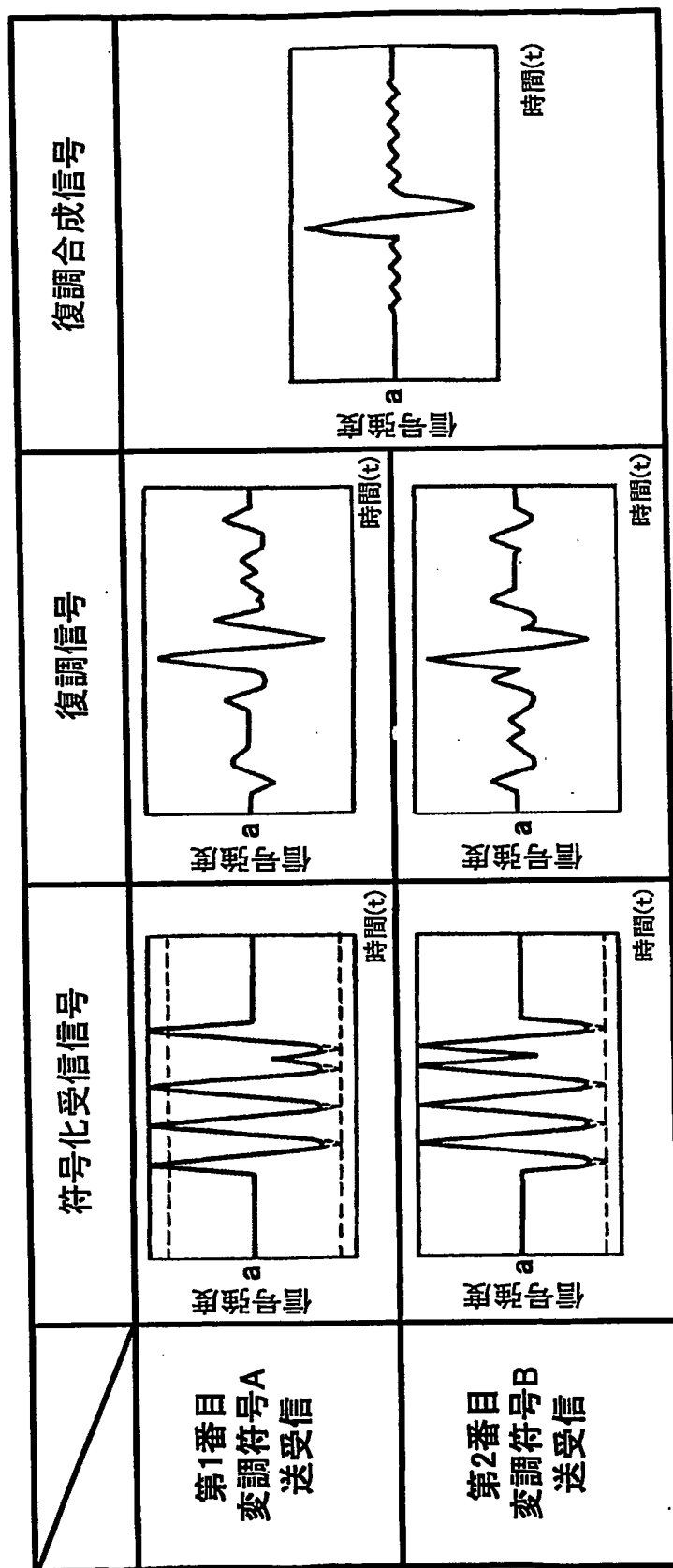
10/21

図10



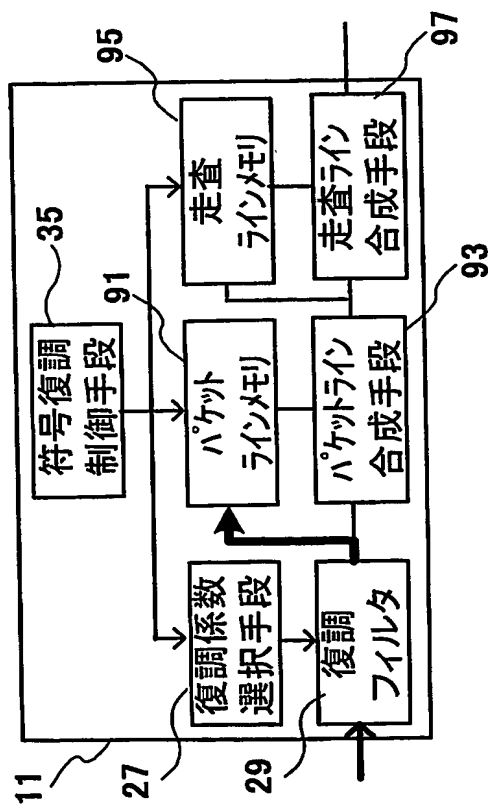
11/21

図11

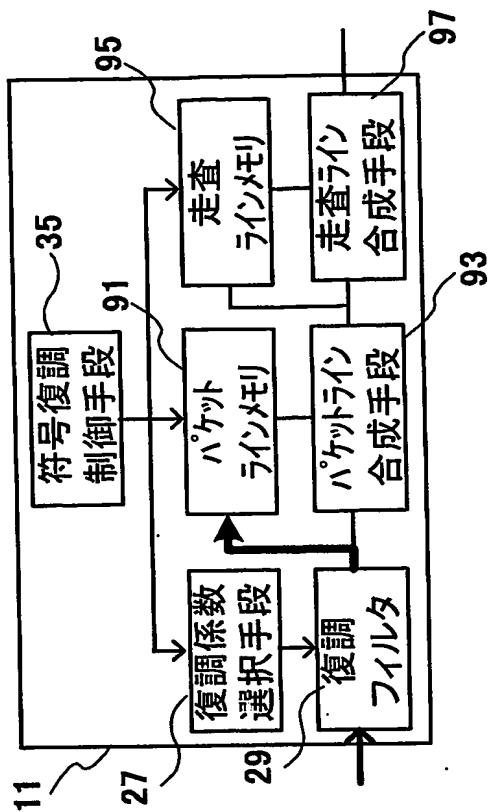


12

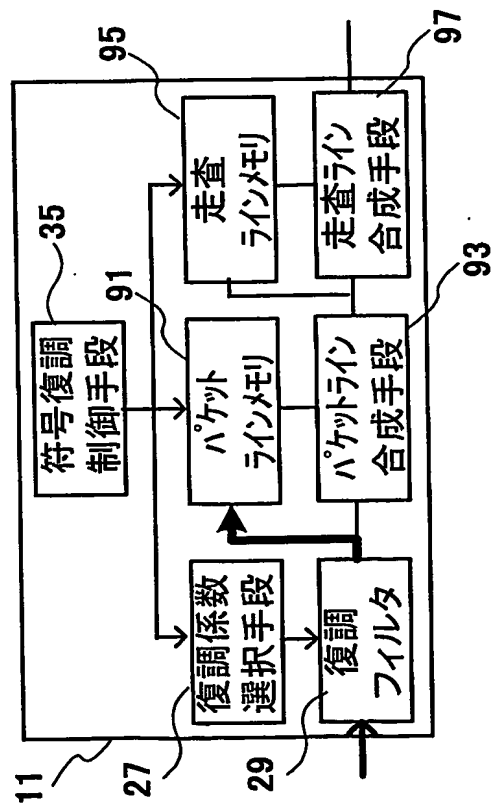
(i) 第N番目ライン、第1番目符号化送受信



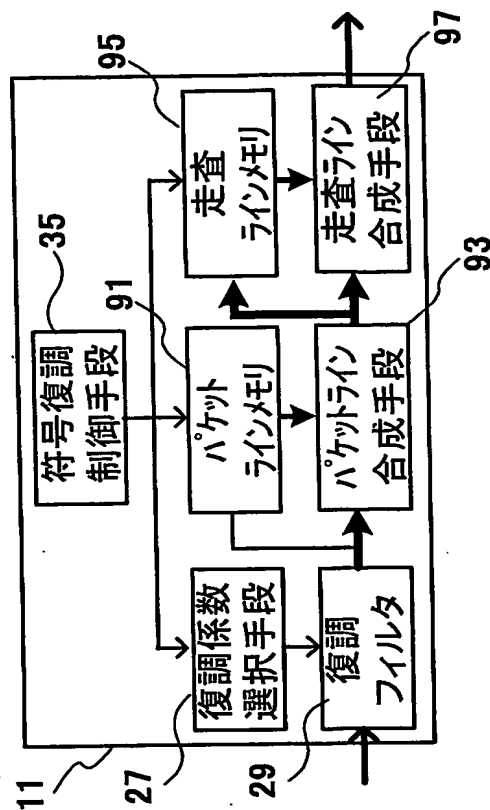
(iii) 第N番目ライン、
第3番目符号化送受信



(ii) 第N番目ライン、
第2番目符号化送受信



(iv) 第N番目ライン、
第4番目符号化送受信



31 図

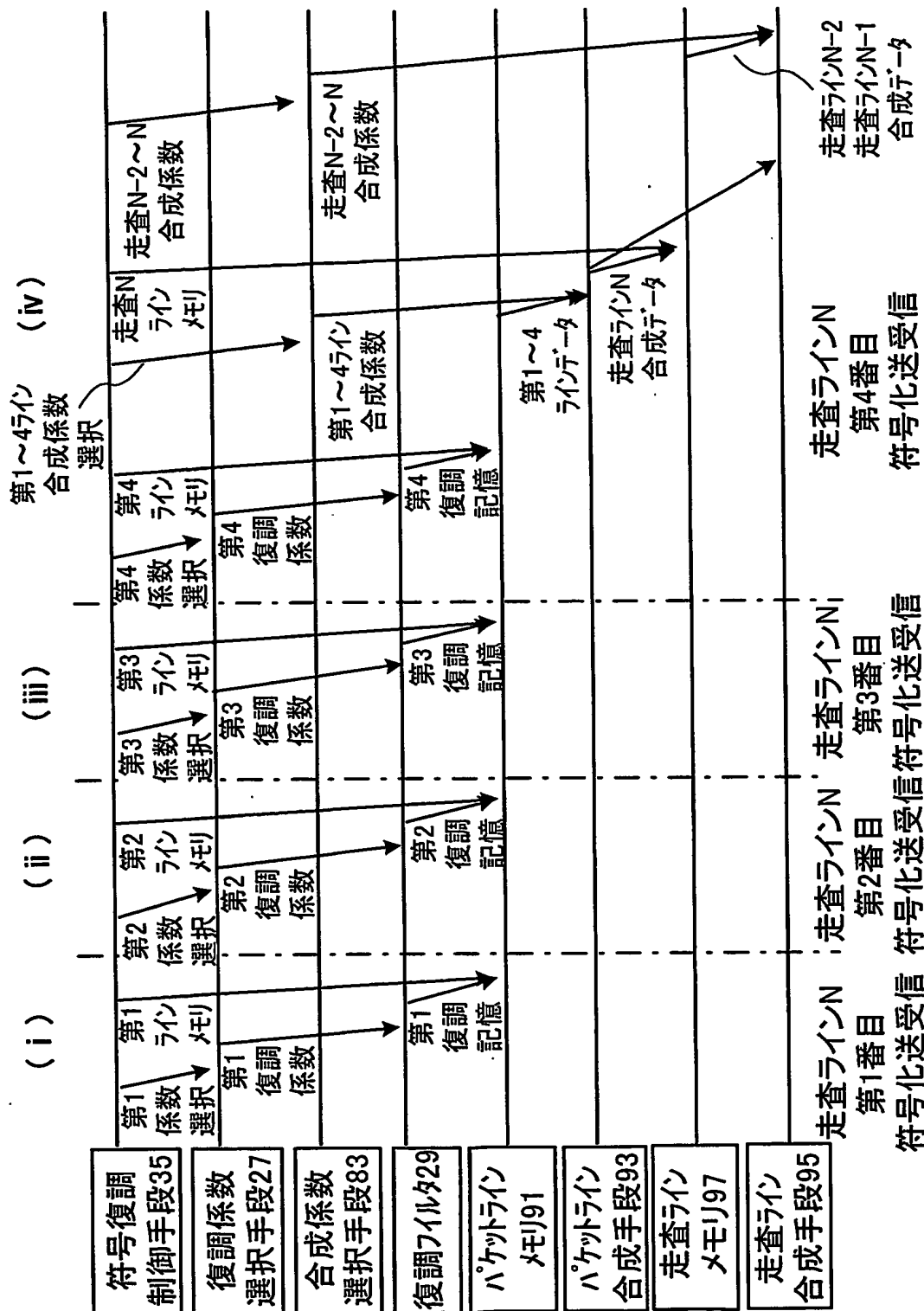
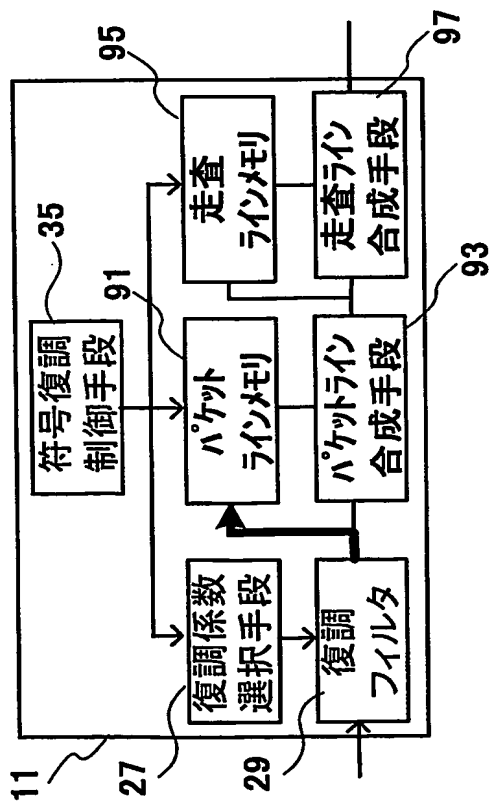
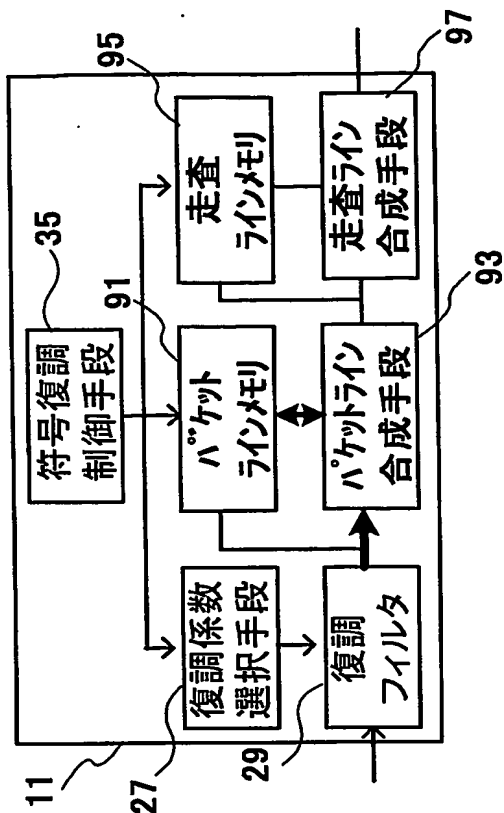


図14

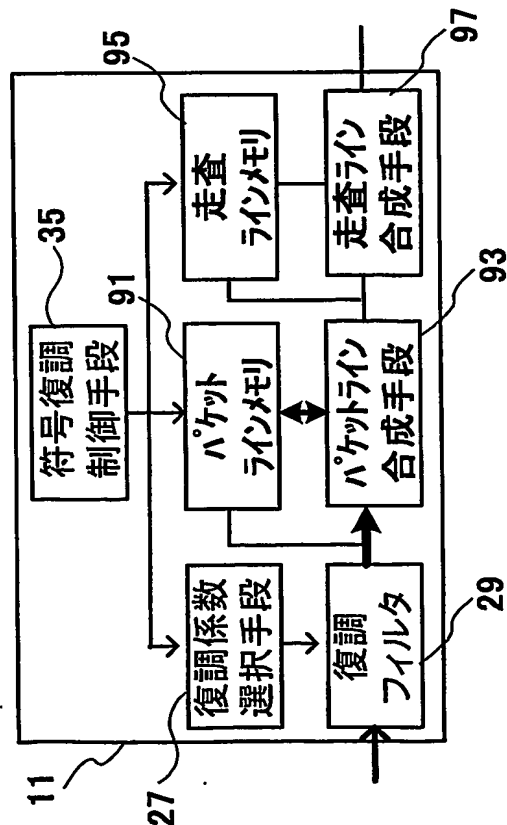
(i) 第N番目ライン、
第1番目符号化送受信



(iii) 第N番目ライン、
第3番目符号化送受信



(ii) 第N番目ライン、
第2番目符号化送受信



(iv) 第N番目ライン、
第4番目符号化送受信

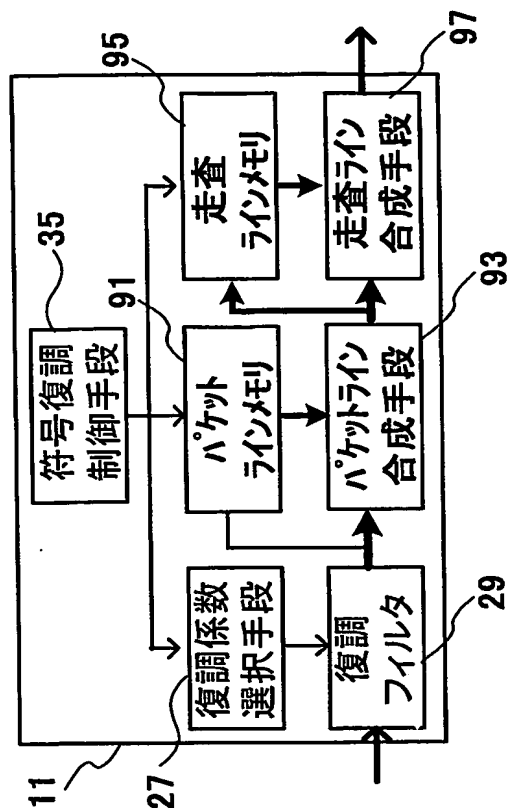
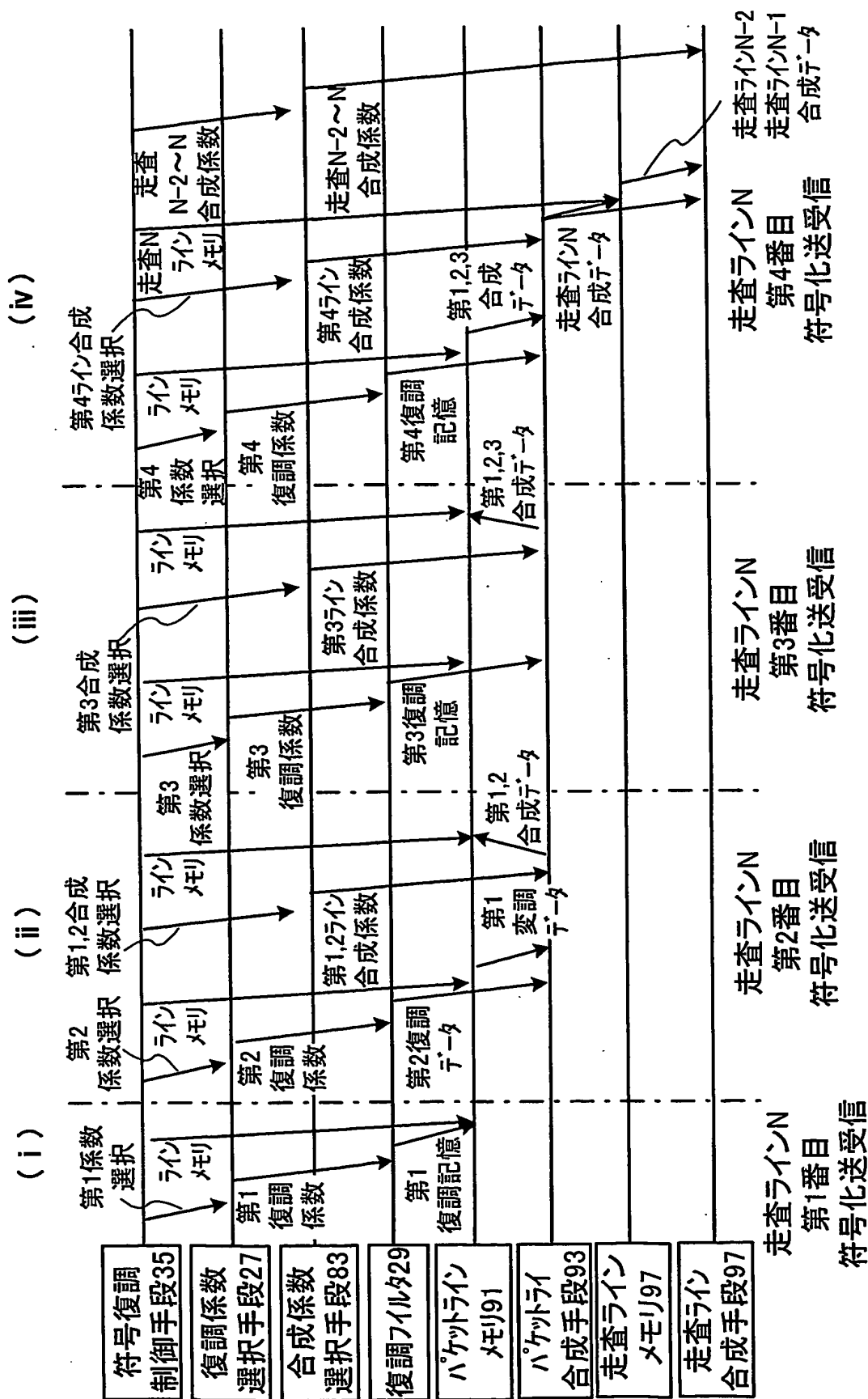
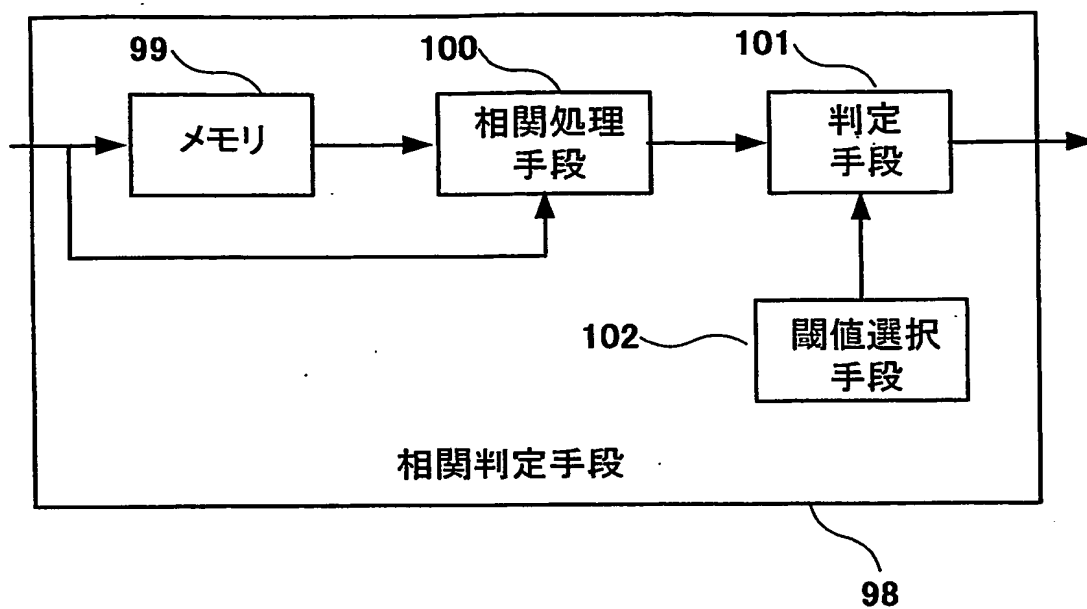


図15



16/21

図16



17/21

図17

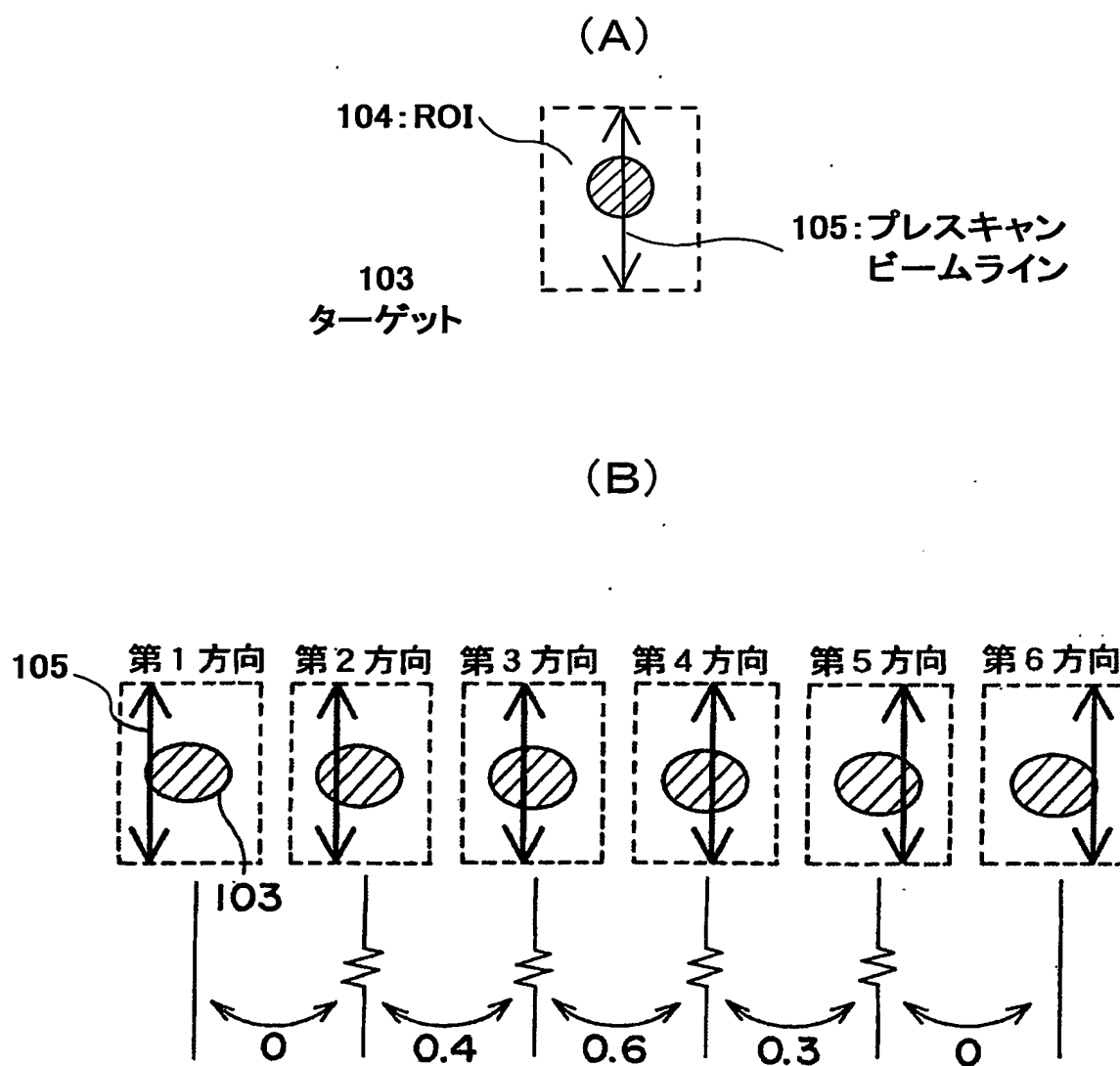


図18

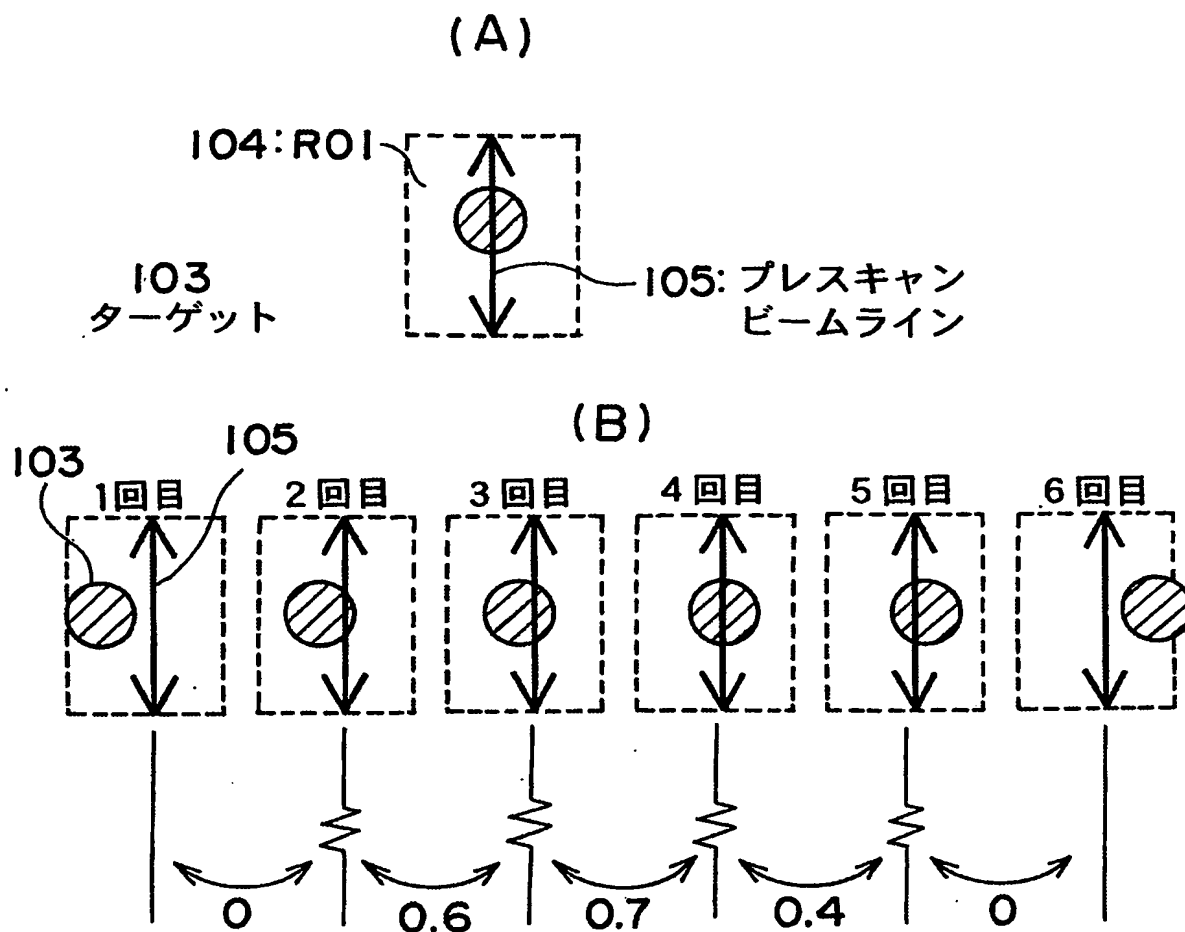
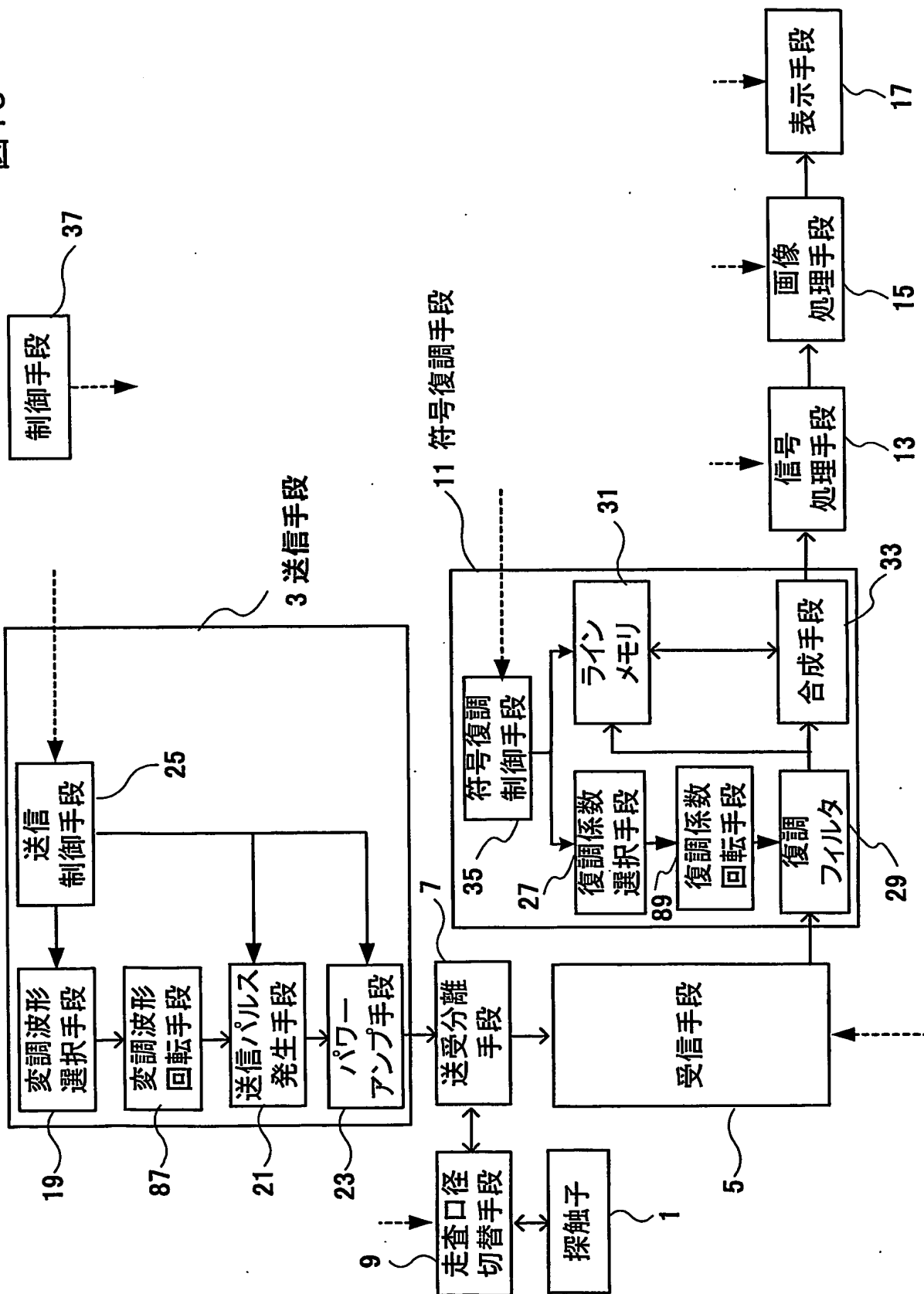
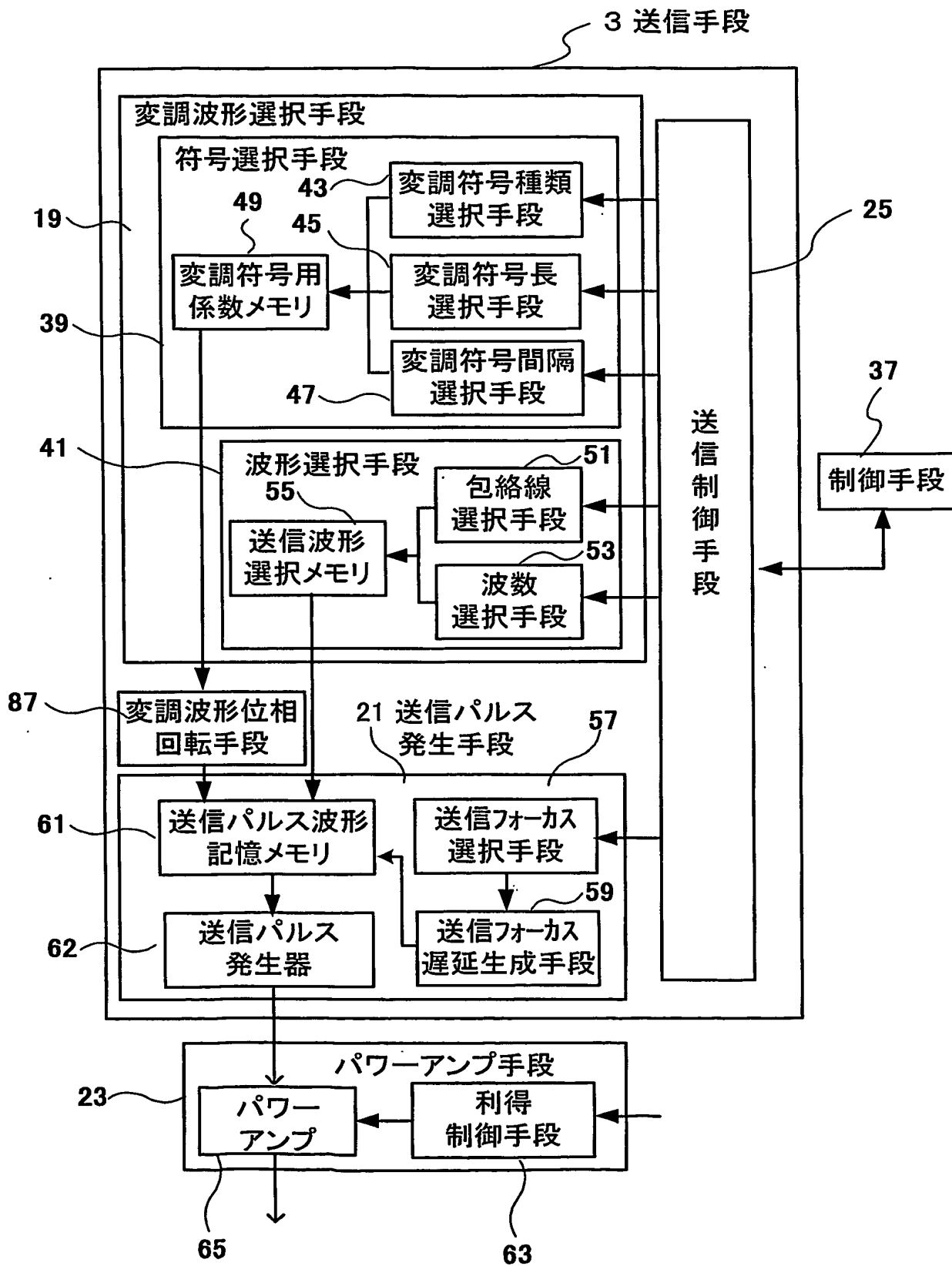


図19

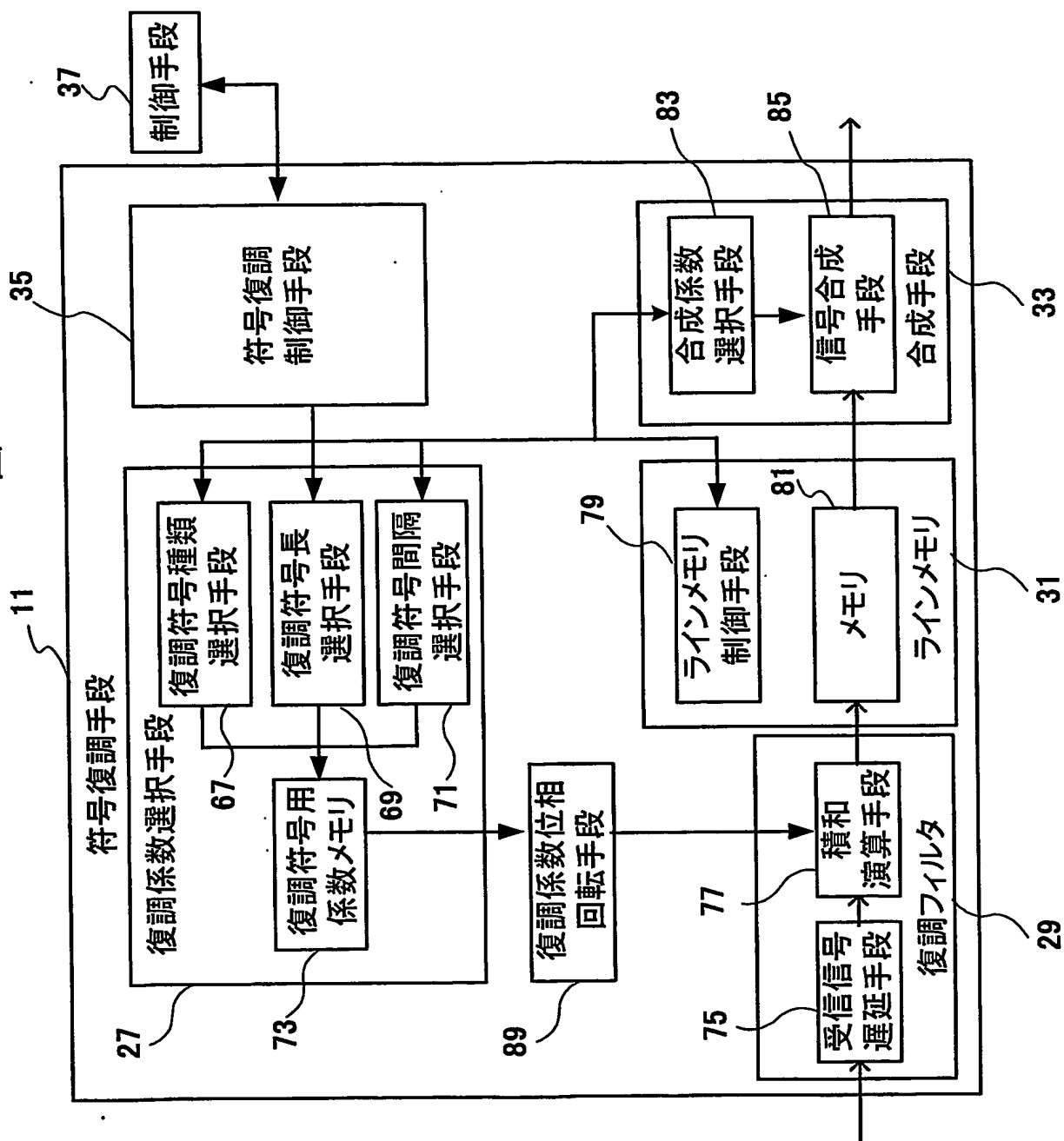


20/21

図20



12 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/16935

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ A61B8/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ A61B8/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-303135 A (Yokogawa Medical Systems, Ltd.), 07 December, 1989 (07.12.89), Page 1, lower right column, line 14 to page 2, upper left column, line 3 (Family: none)	1-20
A	JP 7-59766 A (GE Yokogawa Medical Systems, Ltd.), 07 March, 1995 (07.03.95), Column 4, lines 21 to 30; column 5, lines 23 to 35 (Family: none)	1-20
P, A	JP 2003-10178 A (Toshiba Corp.), 14 January, 2003 (14.01.03), Column 3, lines 16 to 21; column 6, line 23 to column 5, line 50 (Family: none)	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
24 February, 2004 (24.02.04)

Date of mailing of the international search report
09 March, 2004 (09.03.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B8/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B8/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 1-303135 A (横河メディカルシステム株式会社) 1989. 12. 07 第1頁右下欄第14行目-第2頁左上欄第3行目 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 7-59766 A (ジーイー横河メディカルシステム株式会社) 1995. 03. 07 第4欄第21-30行目、第5欄第23-35行目 (ファミリーなし)	1-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 02. 2004

国際調査報告の発送日

09. 3. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

右高 幸幸

2W

9808

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PA	JP 2003-10178 A (株式会社東芝) 2003. 01. 14 第3欄第16-21行目、第6欄第23行目-第5欄第50行目 (ファミリーなし)	1-20